



Co-funded by
the European Union

3_Reparatur der DNA zur Heilung von Krankheiten



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."

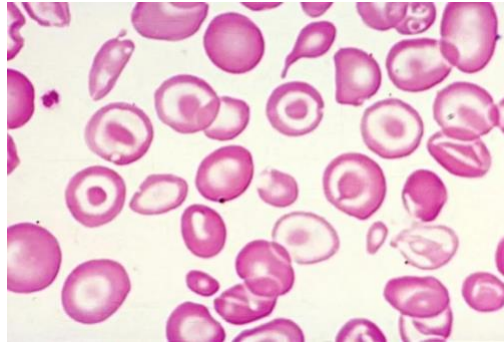




Inhalt

Einleitung	3
Entdecken	4
Ausführen:	5
Verbessern:	6
Fazit:	6





Allgemeines Thema des Lernpfads	Reparatur von DNA zur Heilung von Krankheiten
Spezifischer Name der Lerneinheit	<u>Den Code korrigieren</u>
Alter der Zielgruppe	14–18 Jahre
Voraussetzungen für die Lernenden	Grundkenntnisse in Zellbiologie (DNA, Gene, Proteine, Blut). Einführende Kenntnisse über die genetische Vererbung. Vertrautheit mit dem Konzept von Mutationen und deren Auswirkungen. Offenheit für die Diskussion ethischer und sozialer Implikationen der Genmedizin.
Beschreibung der Lerneinheit	Diese Einheit führt die Lernenden in die Thalassämie ein, eine Blutkrankheit, die durch Mutationen im HBB-Gen verursacht wird, welche die Produktion von normalem Hämoglobin verhindern. Die Schüler lernen zunächst, was Thalassämie ist und wie sie sich auf den Körper auswirkt. Anschließend untersuchen sie, wie Gentherapie – unter Verwendung von Werkzeugen wie CRISPR-Cas9 – fehlerhafte DNA reparieren oder ersetzen und damit die Möglichkeit einer Heilung bieten kann. Die Einheit folgt der Methodik „Erkunden – Ausführen – Verbessern“: Erforschen: Aufbau einer Wissensgrundlage über Thalassämie und Gentherapie.





	Ausführen: Mit Augmented-Reality-Simulationen und praktischen Übungen das „Korrigieren“ fehlerhafter Gene üben. Verbessern: Reflexion über fortgeschrittene Anwendungen, ethische Debatten und die Zukunft der Gentherapien.
Thema: Beteiligte Parteien	Biologie, Gesundheitswissenschaften, Genetik, Ethik, IKT/digitale Kompetenz. Beteiligte Parteien: Schüler (Lernende und Forscher), Lehrer (Moderatoren), potenzielle Gast-Experten (Genetiker, Mediziner).
Stichworte	Thalassämie, Hämoglobin, Blutkrankheiten, Gentherapie, CRISPR, Biotechnologie, DNA-Editierung, Ethik.
Wichtige Qualifikationen, Fähigkeiten und Kenntnisse, die erworben werden können	Wissen: Die Schüler erwerben Kenntnisse über Thalassämie und ihre genetische Ursache (HBB-Mutation), lernen aktuelle Behandlungsmethoden (Transfusionen, Knochenmarktransplantationen) kennen, verstehen die Prinzipien der Gentherapie und CRISPR-Cas9 und setzen sich mit ethischen und sozialen Debatten rund um die Genbearbeitung auseinander. Fähigkeiten: Sie entwickeln die Fähigkeit, Fallstudien zu analysieren, AR-Tools zur Visualisierung der DNA-Bearbeitung zu verwenden, in wissenschaftlichen Teams zusammenzuarbeiten und die Risiken und Chancen der Biotechnologie kritisch zu reflektieren. Kompetenzen: Die Schüler lernen, genetisches Wissen auf reale medizinische Herausforderungen anzuwenden, die gesellschaftlichen Auswirkungen neuer Technologien zu bewerten und eine verantwortungsbewusste, reflektierte Haltung gegenüber genetischen Innovationen einzunehmen.
Verwendete Ressourcen und didaktische Hilfsmittel	Interaktive Tools: AR-Simulationen der CRISPR-Cas9-Bearbeitung fehlerhafter Gene. Praktische DNA-Modelle mit Perlen oder Papierstreifen. Digitale Laborjournale für Reflexionen der Studierenden.





Bewertungskriterien und Bewertung	Wissen: Verständnis der Konzepte Thalassämie, Hämoglobin und Gentherapie. Fähigkeiten: Fähigkeit, AR zur Simulation der Genkorrektur zu nutzen; Teilnahme an Modellierungs- und Fallstudienaktivitäten. Zusammenarbeit: Aktive Mitarbeit an Gruppenprojekten und Diskussionen mit Gleichaltrigen. Kreativität: Innovative Ansätze für AR-Herausforderungen oder die Entwicklung von Therapiestrategien. Reflexion: Beteiligung an ethischen Debatten und durchdachte Einträge in Laborjournalen.
--	---

Einleitung

Thalassämie ist eine Krankheit, die verhindert, dass das Blut ausreichend Sauerstoff transportieren kann. Tatsächlich fühlen sich die Betroffenen ständig müde, haben eine blasse Haut und müssen jeden Monat zur Bluttransfusion ins Krankenhaus, um zu überleben.

Dies ist die Realität für viele Menschen mit Thalassämie, einer genetischen Blutkrankheit, die das Hämoglobin betrifft, das Protein in den roten Blutkörperchen, das Sauerstoff durch den Körper transportiert (Thalassaemia International Federation, 2021).

Seit Jahrzehnten umfasst die Behandlung regelmäßige Transfusionen und manchmal auch Knochenmarktransplantationen (Weatherall & Clegg, 2001). Diese Ansätze helfen zwar, heilen die Krankheit jedoch nicht und bergen Risiken. Heute jedoch eröffnet die Wissenschaft eine neue Möglichkeit: die Gentherapie. Anstatt die Symptome zu behandeln, bietet die Gentherapie die Möglichkeit, das defekte Gen selbst zu korrigieren. Bei Thalassämie bedeutet dies, die Anweisungen für die Produktion von Hämoglobin zu reparieren, damit der Körper endlich gesunde rote Blutkörperchen produzieren kann (Cavazza et al., 2016; NIH, 2022).





Diese Einheit lädt die Schüler dazu ein, sich auf eine Reise in diese medizinische Revolution zu begeben. Schritt für Schritt werden wir erkunden, was Thalassämie ist, interaktive Experimente mit Augmented Reality (AR) durchführen, die zeigen, wie Gentherapie funktioniert, und schließlich unser Verständnis vertiefen, indem wir uns die Möglichkeiten, Herausforderungen und ethischen Fragen der Genmedizin vorstellen.

Gentherapie: Die Anweisungen des Körpers neu schreiben

Jede Zelle unseres Körpers enthält eine Reihe von Anweisungen: unsere DNA. Diese Anweisungen sagen den Zellen, wie sie Proteine aufbauen sollen, die wiederum die Funktion unseres Körpers ermöglichen. Aber was passiert, wenn es einen Fehler in der DNA gibt, wie zum Beispiel einen fehlenden Schritt in einem Rezept? Das Ergebnis kann eine schwere Krankheit sein.

Die Gentherapie ist eine medizinische Technik, die versucht, das Problem an seiner Quelle zu lösen. Anstatt nur die Symptome mit Medikamenten oder Operationen zu behandeln, wirkt die Gen therapie direkt auf die DNA ein, um den Fehler zu korrigieren. Es ist, als würde man das Rezept korrigieren, damit das Gericht endlich richtig zubereitet werden kann.

Dafür gibt es mehrere Möglichkeiten:

- Manchmal **ersetzen** Ärzte **ein defektes Gen** durch eine gesunde Kopie.
- In anderen Fällen verwenden sie spezielle Werkzeuge wie **CRISPR-Cas9**, oft als „genetische Schere“ bezeichnet, um **das Gen zu reparieren oder zu modifizieren**.
- In einigen Fällen **fügen** Wissenschaftler **ein völlig neues Gen hinzu**, das dem Körper hilft, eine Krankheit zu bekämpfen.

In der Praxis läuft der Prozess oft wie folgt ab: Ärzte entnehmen dem Patienten Zellen, schicken diese an ein Labor und korrigieren oder ersetzen das defekte Gen mithilfe von Gentherapieverfahren. Nach der Korrektur werden die Zellen in den Körper des Patienten zurückgebracht, wo sie wieder normal funktionieren und die zuvor fehlenden gesunden Proteine produzieren (NIH, 2022; Mayo Clinic, 2023).





Eines der offensichtlichsten Beispiele für dieses Versprechen sind **Blutkrankheiten wie Thalassämie**. Diese Krankheit wird durch eine Mutation im **HBB-Gen** verursacht, die den Körper daran hindert, genügend Hämoglobin zu produzieren, das Protein, das Sauerstoff im Blut transportiert. Mit Hilfe der Gentherapie können Wissenschaftler das defekte HBB-Gen in den Stammzellen des Patienten korrigieren. Wenn diese reparierten Zellen wieder in den Körper eingeführt werden, können sie gesunde rote Blutkörperchen produzieren. Für viele Patienten könnte dies bedeuten, dass sie weniger oder gar keine lebenslangen Bluttransfusionen mehr benötigen (Cavazza et al., 2016).

Entdecken Sie:

Thalassämie ist eine Erbkrankheit, die auftritt, wenn ein Kind von beiden Elternteilen defekte Gene erhält. Der Defekt liegt im HBB-Gen, das für die Produktion eines Teils des Hämoglobins verantwortlich ist. Ohne voll funktionsfähiges Hämoglobin zerfallen die roten Blutkörperchen zu schnell, wodurch dem Körper Sauerstoff entzogen wird (TIF, 2021).

Die Schüler lernen die täglichen Herausforderungen kennen, denen Patienten gegenüberstehen: Müdigkeit, Wachstumsstörungen und die ständige Notwendigkeit von Transfusionen. Knochenmarktransplantationen können helfen, aber sie erfordern einen kompatiblen Spender, was selten ist (Mayo Clinic, 2023). An dieser Stelle wenden wir uns der neuen Wissenschaft der Gentherapie zu. Was wäre, wenn wir, anstatt ständig beschädigte Blutzellen zu ersetzen, die Anweisungen in der DNA korrigieren könnten?

Wissenschaftler verwenden heute Werkzeuge wie CRISPR-Cas9, oft als „genetische Schere“ bezeichnet, um die defekte Gensequenz herauszuschneiden und durch eine gesunde Version zu ersetzen (NIH, 2022). Stellen Sie sich vor, Sie ändern ein Rezept, in dem ein Wort fehlt, damit das Gericht endlich richtig zubereitet werden kann. Genau das macht die Gentherapie auf molekularer Ebene.





Ausführen:

Sobald die Schüler die Grundlagen verstanden haben, schlüpfen sie durch interaktive Übungen in die Rolle von Wissenschaftlern.

In einer AR-Laborsimulation schrumpfen die Lernenden auf die Größe einer Zelle. Sie können die Doppelhelix der DNA sehen, das fehlerhafte HBB-Gen lokalisieren und es dann mit einem virtuellen CRISPR-System ausschneiden und reparieren. Wenn sie die Mission abgeschlossen haben, beobachten sie, wie die korrigierten Zellen beginnen, gesundes Hämoglobin zu produzieren.

Diese Übung verwandelt abstrakte Wissenschaft in etwas Sichtbares und Greifbares. AR macht unsichtbare Moleküle zu dynamischen 3D-Erlebnissen.

Neben der Simulation analysieren die Schüler reale Fallstudien von Thalassämie-Patienten, die bereits von experimentellen Gentherapien profitiert haben (Cavazza et al., 2016). Als konkrete Unterrichtsaktivität können sie auch DNA-Modelle mit Perlen oder farbigen Streifen bauen, um den Unterschied zwischen fehlerhaften und korrigierten Sequenzen zu simulieren.

Durch diese Aktivitäten lernen die Schüler nicht nur etwas über Gentherapie – sie erleben auch, wie sie funktioniert und warum sie so viel Hoffnung bietet.

Vertiefen:

Nachdem die Lernenden gesehen haben, wie Gentherapie fehlerhafte DNA reparieren kann, werden sie aufgefordert, in größeren Dimensionen zu denken.

Mithilfe von AR testen sie komplexere Szenarien: Was wäre, wenn nur die Hälfte der Zellen des Patienten korrigiert würde? Könnte die Technik auch bei der Sichelzellenkrankheit, einer weiteren genetischen Blutkrankheit, helfen?





Wie könnte die Gentherapie auf Organe außerhalb des Blutes übertragen werden?

In dieser Phase wird auch Gamification eingesetzt, um das Engagement zu vertiefen. Die Schüler sammeln Punkte und Abzeichen für erfolgreiche Missionen, steigen in der Rangliste für Kreativität auf und schalten neue Levels frei, in denen sie komplexere „virtuelle Patienten“ behandeln müssen. Gemeinsame Herausforderungen motivieren die Gruppen, gemeinsam Strategien zu entwickeln, was die Teamarbeit und die wissenschaftliche Kommunikation fördert.

Aber es geht nicht nur um Wissenschaft, sondern auch um Ethik. In geleiteten Debatten setzen sich die Schüler mit schwierigen Fragen auseinander: Sollte die Gentherapie für alle verfügbar sein oder nur für diejenigen, die sie sich leisten können? Welche Risiken gehen wir ein, wenn wir das menschliche Genom verändern? Diese Gespräche verbinden das Lernen im Klassenzimmer mit realen Herausforderungen und zeigen, dass Wissenschaft immer mit Verantwortung verbunden ist.

Fazit:

Am Ende dieser Reise werden die Schüler:

die genetischen Ursachen der Thalassämie und die Wissenschaft hinter der Hämoglobinproduktion erforscht.

praktische Aktivitäten durchgeführt, von AR-Missionen bis hin zur DNA-Modellierung, um zu erfahren, wie Gentherapie funktioniert.

ihr Wissen durch die Auseinandersetzung mit realen Fällen, ethischen Fragen und der Zukunft der Genmedizin erweitert.

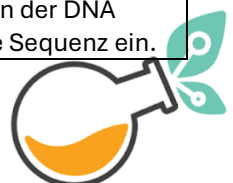




Augmented Reality hat die Molekularbiologie sichtbar gemacht, Gamification hat sie spannend gemacht und Debatten haben sie gesellschaftlich relevant gemacht. Die Schüler verlassen den Kurs nicht nur mit dem Wissen, wie Gentherapie Thalassämie heilen könnte, sondern auch mit einem tieferen Verständnis dafür, was es bedeutet, den Code des Lebens selbst zu verändern.

Gentherapie ist mehr als eine Behandlung – sie steht für ein neues Kapitel in der Medizin, in dem Erbkrankheiten eines Tages an ihrer Quelle korrigiert werden können.

Phase	Beschreibung
Erkunden	- Forschung und Entdeckung: In dieser ersten Phase tauchen die Schüler in die wissenschaftlichen Grundlagen der Thalassämie ein. Sie entdecken, dass es sich um eine genetische Blutkrankheit handelt, die durch Mutationen im HBB-Gen verursacht wird, wodurch die Produktion von Hämoglobin gestört wird. Ohne ausreichend Hämoglobin können rote Blutkörperchen keinen Sauerstoff effektiv transportieren, was zu chronischer Anämie und anderen gesundheitlichen Komplikationen führt (Thalassaemia International Federation, 2021). Die Lernenden werden auch mit aktuellen Behandlungsmethoden wie regelmäßigen Bluttransfusionen und Knochenmarktransplantationen vertraut gemacht. Diese Lösungen verlängern das Leben, heilen die Krankheit jedoch nicht. Dies schafft die Voraussetzungen für die vielversprechende Gentherapie, die auf die fehlerhafte DNA selbst abzielt, um die normale Hämoglobinproduktion wiederherzustellen (Cavazza et al., 2016).
	- Inhaltsentwicklung: Die Inhalte sind sorgfältig strukturiert, sodass die Schüler zunächst das Problem (eine Mutation, die einen Defekt im Hämoglobin verursacht) verstehen, bevor sie die Lösung (Gentherapie) kennenlernen. Die Lehrer verwenden anschauliche Diagramme, Videos und Analogien, beispielsweise indem sie das defekte Gen mit einem Rezept ohne Anleitung und die Gentherapie mit der Änderung des Rezepts vergleichen, damit es wieder funktioniert.
	- Bedarfsanalyse: Schüler der Oberstufe haben oft Schwierigkeiten, sich mikroskopische und abstrakte Prozesse wie DNA-Mutationen oder Genbearbeitung vorzustellen. Sie benötigen visuelle Hilfsmittel, detaillierte Erklärungen und interaktive Aktivitäten, um deren Komplexität zu verstehen. Die Schüler müssen auch verstehen, warum Gentherapie wichtig ist: Die Verbindung von Wissenschaft mit realen Patientengeschichten schafft Empathie und Lernmotivation.
Durchführung	- Umsetzung des Lehrplans: In dieser Phase wird Theorie zur Praxis. Die Schüler betreten ein virtuelles AR-Labor, in dem sie DNA sehen und manipulieren können, als befänden sie sich in einer Zelle. Der Lehrplan führt sie durch den Prozess der Lokalisierung des defekten HBB-Gens und dessen Reparatur mit CRISPR-Cas9.
	- Interaktive Übungen: AR-Mission: Die Schüler identifizieren das defekte HBB-Gen in der DNA eines virtuellen Patienten, schneiden es mit CRISPR heraus und fügen eine korrigierte Sequenz ein.





	Anschließend beobachten sie, wie die roten Blutkörperchen beginnen, richtig zu funktionieren. Fallstudienaktivität: Die Lernenden betrachten reale Gentherapieversuche für Thalassämie und vergleichen die Ergebnisse traditioneller Behandlungen mit neuen genetischen Ansätzen.
	- Feedback-Erfassung: Sofortiges AR-Feedback: Die Anwendung zeigt, ob das Gen korrigiert wurde und ob die Zellen des Patienten nun Hämoglobin produzieren. Beobachtung durch den Lehrer, Reflexion durch die Schüler.
Verbessern	- AR-Integration: AR wird erweitert, um fortgeschrittene Szenarien zu testen. Die Schüler können untersuchen, was passiert, wenn die Gentherapie nur einen Teil der Zellen des Patienten korrigiert, oder wie dieselbe Technik auf andere genetische Blutkrankheiten wie Sichelzellenanämie angewendet werden könnte. AR bietet eine sichere Umgebung, um mit Möglichkeiten zu experimentieren, die in einem realen Klassenzimmer nicht nachgestellt werden können.
	- Interaktives Lernen: Die Schüler werden zum kritischen Denken angeregt: Wie könnte die Gentherapie den Bedarf an Transfusionen reduzieren?
	Gamifizierte Inhalte: Punkte und Abzeichen: Werden für jede erfolgreiche AR-Genkorrekturmission vergeben. Ranglisten: Teams konkurrieren um Genauigkeit und Kreativität. Quests und Levels: Neue Herausforderungen werden freigeschaltet, z. B. die Korrektur mehrerer fehlerhafter Gene oder die Entwicklung von Therapien für andere Erkrankungen. Belohnungen für Erkundungen: Bonusauszeichnungen für Schüler, die Beispiele für aktuelle genetische Durchbrüche aus Nachrichten oder Forschungsergebnissen einbringen. Kollaborative spielerische Aufgaben: Gruppen müssen zusammenarbeiten, um einen virtuellen Patienten zu heilen, wobei sie Aufgaben wie Entwerfen, Bearbeiten und Präsentieren der Ergebnisse unter sich aufteilen.
	AR-basierte Bewertungen: Die Schüler demonstrieren ihre Kenntnisse, indem sie Genbearbeitungsmissionen absolvieren. Sie erläutern ihre Strategien in Präsentationen oder Laborjournalen. Die Lehrkräfte bewerten die Genauigkeit, Teamarbeit, Kreativität und die Fähigkeit, Wissenschaft und Ethik miteinander zu verbinden.





Referenzen

Mayo Clinic. (2023). Thalassämie – Diagnose und Behandlung. Abgerufen unter <https://www.mayoclinic.org>

National Institutes of Health (NIH). (2022). Was ist Gentherapie? Abgerufen unter <https://medlineplus.gov/genetherapy.html>

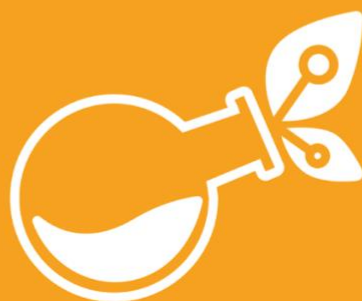
Thalassaemia International Federation (TIF). (2021). Was ist Thalassämie? Abgerufen unter <https://thalassaemia.org.cy>

Weatherall, D. J., & Clegg, J. B. (2001). Die Thalassämie-Syndrome (4. Auflage). Blackwell Science.





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.