



Co-funded by
the European Union

Genetische Erkrankungen verstehen: Von der DNA zur Krankheit



BIOS4YOU
AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY

Project Number: 2023-1-DE03-KA220-SCH-000126516

"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."





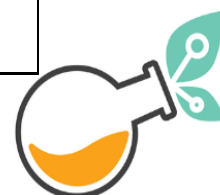
Inhaltsverzeichnis

Einleitung:	4
1: Entdecken	5
Was sind genetische Störungen?	5
Arten von genetischen Störungen	6
Chromosomenstörungen	6
Komplexe Erkrankungen	6
Diagnose genetischer Erkrankungen	8
Warum dies wichtig ist	8
Fazit.....	9
2: Ausführen	10
Die Rolle von AR beim Erreichen von Lernzielen	10
AR-basierte Lernaktivitäten	10
Globale Relevanz und Engagement der Schüler	12
3: Verbessern	14
Vertiefung des Verständnisses komplexer Konzepte	14
Aktives Lernen und Engagement innerhalb von Delightex	15
Delightex-Tools und Lernstruktur	15
Verbindung der Genetik mit realen Kontexten	16
Inklusives und personalisiertes Lernen mit Delightex	16
Fazit:	17
Referenzen	19





Allgemeines Thema des Lernpfads	Das Humangenomprojekt und die Genommedizin
Spezifischer Name der Lerneinheit	Genetische Störungen verstehen – Von der DNA zur Krankheit
Alter der Zielgruppe	14–18 Jahre
Anforderungen an die Lernenden	Grundlegendes Verständnis von DNA und Vererbung Fähigkeit, ein Mobiltelefon oder Tablet zu bedienen Interesse an Gesundheit, Wissenschaft und Problemen des täglichen Lebens Bereitschaft, ethische Fragen zu diskutieren
Beschreibung der Lerneinheit	Diese Lerneinheit hilft Schülern, genetische Störungen auf anschauliche und spannende Weise zu verstehen. Die Lernenden untersuchen, wie Veränderungen in der DNA (Mutationen) zu Krankheiten führen können, wie genetische Störungen vererbt werden und wie die moderne Medizin sie identifiziert und behandelt. Die Einheit basiert auf Delightex Augmented Reality (AR)-Umgebungen, in denen die Schüler mit 3D-Modellen von DNA, Genen, Chromosomen und Proteinen interagieren. Abstrakte genetische Konzepte werden durch visuelle und praktische Erkundungen leichter verständlich. Anstelle traditioneller Quizfragen wird die Bewertung in AR-basierte Aufgaben, Gruppendiskussionen und Reflexionsaktivitäten integriert, die innerhalb von Delightex durchgeführt werden. Ethische Fragen wie Gentests, Datenschutz und Verantwortung in der Medizin werden in der gesamten Einheit behandelt, wodurch kritisches Denken und fundierte Diskussionen gefördert werden.





Thema: Beteiligte Parteien	Biologie-Lehrer, Schüler, AR-/IKT-Koordinatoren, medizinisches Fachpersonal (z. B. Genetikberater), technisches Supportpersonal der Schule
Stichworte	DNA, Mutation, genetische Störung, Chromosom, Vererbung, Gentests, AR in der Bildung, Bioethik, personalisierte Medizin
Wichtige Qualifikationen, Fähigkeiten und Kenntnisse, die erworben werden können	Die Studierenden entwickeln: ein klares Verständnis dafür, wie Gene und Mutationen Krankheiten verursachen können, die Fähigkeit, zwischen verschiedenen Arten von genetischen Störungen zu unterscheiden, praktische Erfahrung im Umgang mit AR-Tools zur Visualisierung von DNA, Genen und Proteinen, grundlegende bioethische Argumentation in Bezug auf Gentests und Gesundheitsdaten, kritisches Denken und Kommunikationsfähigkeiten durch Gruppenarbeit und Diskussionen, digitale Kompetenzen durch den Einsatz von AR und interaktiven Lerntechnologien
Verwendete Ressourcen und didaktische Hilfsmittel	Kapiteltexte und Abbildungen basierend auf NHGRI-Ressourcen und Wallis (2018) Augmented-Reality-Anwendungen: MolecuAR, Genome AR Ausdruckbare Fallstudien und Reflexionsaufgaben Interaktive Arbeitsblätter und Stammbaumdigramme Tablets oder Projektoren für AR-Aktivitäten Poster für den Unterricht, die verschiedene Arten von genetischen Störungen zusammenfassen
Bewertungskriterien und Beurteilung	Das Lernen der Schüler wird bewertet anhand: - erfolgreichem Abschluss von AR-basierten Aufgaben (z. B. Identifizierung von Genmutationen) - klare und logische Teilnahme an Gruppendiskussionen zu Diagnose und Ethik - kurze reflektierende Texte über die Rolle der Genomik im Gesundheitswesen - abschließende Gruppen- oder Einzelpräsentation unter Verwendung von AR-Visualisierungen (z. B. Proteinmodelle oder Vererbungsmuster) - ein kurzes Quiz zur Überprüfung des Verständnisses von Arten genetischer Störungen und Testmethoden





Einführung:

Gene sind biologische Anweisungen, die steuern, wie unser Körper wächst, sich entwickelt und funktioniert. Sie beeinflussen alles, von der Augenfarbe bis hin zur Art und Weise, wie unser Immunsystem Krankheiten bekämpft. Gene bestehen aus DNA, und jedes Gen trägt spezifische Informationen, die für die Produktion von Proteinen benötigt werden, die dafür sorgen, dass der Körper richtig funktioniert (Wallis, 2018).

Manchmal verändern sich diese genetischen Anweisungen. Diese Veränderungen werden als Mutationen bezeichnet. Während einige Mutationen keine Auswirkungen haben, können andere die Funktion eines Proteins stören oder es vollständig außer Kraft setzen. In diesem Fall kann es zu einer genetischen Störung kommen – einem Gesundheitszustand, der durch Veränderungen in der DNA verursacht wird (National Human Genome Research Institute [NHGRI], 2024).

In dieser Lerneinheit untersuchen die Schüler, wie genetische Störungen entstehen und warum sie auftreten. Sie lernen verschiedene Arten von genetischen Störungen kennen, darunter Einzelgenstörungen, Chromosomenstörungen und komplexe Erkrankungen, die sowohl durch Gene als auch durch die Umwelt beeinflusst werden. Die Einheit erklärt auch, wie genetische Störungen vererbt werden und wie die moderne Medizin Gentests einsetzt, um Krankheiten zu diagnostizieren und Gesundheitsrisiken zu bewerten (Wallis, 2018).

Darüber hinaus setzen sich die Studierenden mit wichtigen ethischen Fragen im Zusammenhang mit der Genetik auseinander. Da Gentechnologien immer leistungsfähiger und zugänglicher werden, muss sich die Gesellschaft mit Themen wie genetischer Privatsphäre, Einwilligung nach Aufklärung und verantwortungsvollem Umgang mit genetischen Informationen auseinandersetzen. Diese Fragen sind besonders wichtig in einer Zeit der personalisierten Medizin, in der Behandlungen auf das genetische Profil einer Person zugeschnitten werden können (NHGRI, 2024).





Am Ende dieser Einheit haben die Schüler ein klareres Verständnis davon, wie Gene Gesundheit und Krankheit beeinflussen. Dieses Wissen bildet eine solide Grundlage für weitere Studien in den Bereichen Biologie, Gesundheitswesen und Biotechnologie und hilft den Schülern, sich zu informierten Bürgern zu entwickeln, die sich in der modernen Gesellschaft fundiert an wissenschaftlichen und ethischen Diskussionen beteiligen können.

1: Erkunden

Was sind genetische Störungen?

Gene sind wie Gebrauchsanweisungen in jeder Zelle unseres Körpers. Sie sagen den Zellen, wie sie Proteine bauen sollen – Moleküle, die uns helfen, zu wachsen, gesund zu bleiben und Krankheiten zu bekämpfen (Wallis, 2018). Gene bestehen aus DNA, und ihre Anweisungen sind in einer bestimmten Reihenfolge mit vier Buchstaben geschrieben: A, T, C und G.

Manchmal kommt es zu einer kleinen Veränderung in der DNA. Diese Veränderung wird als Mutation bezeichnet. Eine Mutation kann die Bildung eines Proteins beeinflussen oder die ordnungsgemäße Funktion des Proteins beeinträchtigen. Wenn ein Gen nicht wie vorgesehen funktioniert, kann dies zu einer genetischen Störung führen (National Human Genome Research Institute [NHGRI], 2024).

Mutationen können von einem oder beiden Elternteilen vererbt werden oder spontan auftreten. Einige Mutationen haben keine Auswirkungen, andere beeinträchtigen jedoch normale Körperprozesse. In einigen Fällen kann bereits eine kleine Veränderung der DNA zu einer schweren Erkrankung führen, je nach der Funktion des betroffenen Gens (Wallis, 2018).





Understanding Genetic Disorders: From DNA to Disease

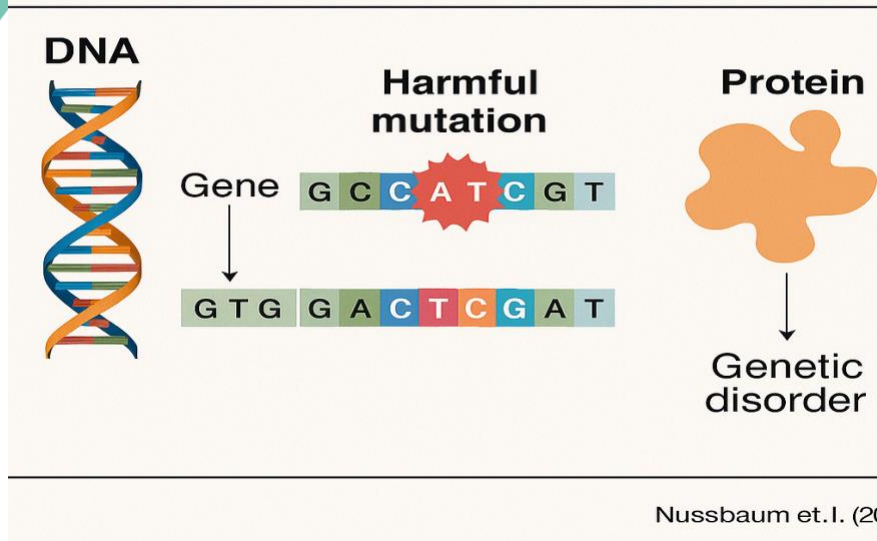


Abbildung 1. Eine Mutation in der DNA kann ein Protein verändern und zu einer Krankheit führen (generiert durch KI).

Arten von genetischen Störungen

Es gibt drei Hauptarten von genetischen Störungen, je nachdem, wie sie entstehen und vererbt werden.

Einzelgenstörungen

Einzelgenstörungen treten auf, wenn ein bestimmtes Gen mutiert ist. Die Mutation kann innerhalb von Familien vererbt werden oder zufällig auftreten.

Beispiele hierfür sind:

- Zystische Fibrose – eine Erkrankung, die zu zähem, klebrigem Schleim in der Lunge und im Verdauungssystem führt (NHGRI, 2024).
- Sichelzellenanämie – eine Erkrankung, die die Form der roten Blutkörperchen verändert und ihnen den Transport von Sauerstoff erschwert.





Diese Erkrankungen folgen klaren Vererbungsmustern, wie z. B. dominant oder rezessiv, wodurch sie anhand von Stammbäumen leichter nachverfolgt werden können (Wallis, 2018).

Chromosomenstörungen

Chromosomenstörungen treten auf, wenn ein ganzes Chromosom fehlt, überzählig ist oder neu angeordnet wurde. Diese Veränderungen führen oft zu schwerwiegenden Entwicklungs- und Gesundheitsproblemen.

Beispiele hierfür sind:

- Down-Syndrom – verursacht durch drei Kopien des Chromosoms 21.
- Turner-Syndrom – betrifft Frauen, wenn eines der X-Chromosomen fehlt oder verändert ist (NHGRI, 2024).

Solche Erkrankungen werden häufig durch pränatale Untersuchungen oder Karyotypisierung festgestellt, wodurch Ärzte die Chromosomen untersuchen können.

Komplexe Störungen

Komplexe Erkrankungen werden durch eine Kombination aus genetischen und umweltbedingten Faktoren wie Lebensstil, Ernährung, Stress oder Umweltverschmutzung verursacht.

Beispiele hierfür sind:

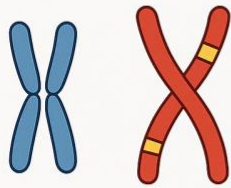
- Diabetes
- Herzerkrankungen
- Autismus





Types of Genetic Disorders

Chromosomal



Missing or extra
chromosomes

Single-Gene



Mutation in
a specific gene

Complex Multigenic



Gene variants
and environment

NHGRI, 2024)

Abbildung 2. Arten von genetischen Störungen nach Ursprung und Vererbung (generiert durch KI).

Diese Erkrankungen folgen keinen einfachen Vererbungsmustern. Wissenschaftler untersuchen große Populationen, um genetische Marker zu identifizieren, die das Risiko für die Entwicklung dieser Erkrankungen erhöhen (Wallis, 2018).

Krebs und Gene

Krebs wird oft mit Mutationen in Genen in Verbindung gebracht, die das Zellwachstum und die Zellteilung steuern, obwohl nicht alle Krebsarten vererbt werden.

Es gibt zwei wichtige Arten von Genen, die daran beteiligt sind:

- Onkogene – wenn sie falsch aktiviert werden, führen sie zu einem zu schnellen Zellwachstum.
- Tumorsuppressorgene – normalerweise verlangsamen sie das Zellwachstum; wenn sie beschädigt sind, können sie die Entstehung von Krebs begünstigen.

Mutationen in Genen wie BRCA1 und BRCA2 können das Risiko für Brust- und Eierstockkrebs erheblich erhöhen. Aus diesem Grund werden Gentests häufig für Personen empfohlen, in deren Familie diese Krebsarten vorkommen (NHGRI, 2024).





Diagnose genetischer Erkrankungen

Dank großer Forschungsprojekte wie dem Humangenomprojekt können Wissenschaftler heute die DNA einer Person analysieren, um sie auf genetische Erkrankungen oder Gesundheitsrisiken zu untersuchen. Dieser Vorgang wird als Gentest bezeichnet.

Gentests werden eingesetzt, um:

- Diagnose von Krankheiten
- die Ursache von Symptomen zu identifizieren
- Behandlungsentscheidungen zu treffen
- das familiäre Risiko zu bewerten (Wallis, 2018)

Moderne Methoden wie die Gesamtgenomsequenzierung und die Exomsequenzierung ermöglichen es Ärzten, Tausende von Genen gleichzeitig zu untersuchen. Außerdem wird eine genetische Beratung angeboten, um Patienten dabei zu helfen, die Testergebnisse zu verstehen und fundierte Entscheidungen zu treffen.

Vor der Durchführung eines Gentests müssen Patienten ihre Einwilligung nach Aufklärung geben, d. h. sie müssen den Zweck, die Risiken und die möglichen Ergebnisse des Tests verstehen (NHGRI, 2024).

Warum dies wichtig ist

Das Verständnis genetischer Erkrankungen hilft Menschen, fundierte Entscheidungen über Gesundheit und medizinische Versorgung zu treffen. Gleichzeitig wirft es wichtige ethische Fragen auf. Zum Beispiel:

- Sollten Arbeitgeber Zugang zu genetischen Informationen haben?
- Können Krankenkassen genetische Daten nutzen, um den Versicherungsschutz einzuschränken?

Diese Fragen sind Teil der Bioethik, der Lehre von Recht und Unrecht in Wissenschaft und Medizin (Wallis, 2018). Das Wissen über DNA und Krankheiten befähigt Schüler, sich an fundierten Diskussionen über Wissenschaft, Technologie und Gesellschaft zu beteiligen.





Fazit

Genetische Störungen bieten wertvolle Einblicke in die Funktionsweise des menschlichen Körpers und zeigen, was passieren kann, wenn genetische Anweisungen verändert werden. Indem sie lernen, wie Mutationen die DNA beeinflussen, verschiedene Arten von genetischen Störungen verstehen und untersuchen, wie Gentests in der modernen Medizin eingesetzt werden, werden die Schüler besser darauf vorbereitet, kritisch über Biologie und persönliche Gesundheit nachzudenken.

Mit dem Fortschritt der Gentechnologie wird ethisches Handeln immer wichtiger. Das Verständnis der wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Auswirkungen der Genetik hilft Schülern, sich im modernen Genomzeitalter zurechtzufinden.





2: Ausführen

In diesem Abschnitt gehen die Schüler von der Theorie zum aktiven Lernen über. Sie wenden das Gelernte über DNA, Mutationen und genetische Störungen in praktischen Übungen, Augmented-Reality-Erkundungen (AR) und gemeinsamen Aufgaben in Delightex an.

Das Hauptziel dieser Phase ist es, den Schülern zu vermitteln, wie genetische Veränderungen den menschlichen Körper beeinflussen, indem sie diese Prozesse auf visuelle und interaktive Weise sehen und erforschen (Wallis, 2018).

Die Rolle von AR beim Erreichen der Lernziele

Augmented Reality spielt in der Ausführungsphase eine zentrale Rolle. Mit Anwendungen wie MolecularAR und Genome AR interagieren die Schüler mit 3D-Modellen von DNA, Genen, Chromosomen und Proteinen. Diese Tools machen abstrakte Molekülstrukturen sichtbar und leichter verständlich (NHGRI, 2024).

Mit AR können die Schüler:

- die DNA-Doppelhelix in drei Dimensionen beobachten
- untersuchen, wie eine Mutation ein Gen oder Protein verändert
- gesunde und mutierte genetische Strukturen vergleichen
- genetische Veränderungen mit realen genetischen Störungen in Verbindung bringen

Diese Art der räumlichen und visuellen Interaktion hilft den Lernenden, besser zu verstehen, wie Mutationen zu Krankheiten führen können (Wallis, 2018).

AR-basierte Lernaktivitäten

Erforschung von DNA-Mutationen (AR-Aktivität)





Die Schüler verwenden **MoleculAR**, um ein DNA-Modell zu untersuchen und zu beobachten, wie eine Mutation den genetischen Code verändert. Durch den Vergleich eines normalen Gens mit einem mutierten Gen können die Schüler sehen, wie eine kleine Veränderung in der DNA die Proteinfunktion beeinflussen kann.

Aufgabe für die Schüler:

- Erforschen Sie das DNA-Modell in AR
- Identifizieren Sie die Stelle der Mutation
- Diskutieren Sie, wie sich die Mutation auf den Körper auswirken könnte

Diese Aktivität fördert das Verständnis der Beziehung zwischen DNA, Proteinen und Krankheiten (NHGRI, 2024).

Vererbungsmuster in Familien

Mithilfe von **Genome AR** und einfachen Stammbaumdiagrammen untersuchen die Schüler, wie genetische Störungen vererbt werden. Sie verfolgen dominante und rezessive Merkmale und sagen die Wahrscheinlichkeit voraus, mit der eine Störung in zukünftigen Generationen auftreten wird.

Aufgabe für die Schüler:

- Analysiere einen Stammbaum
- Identifizieren Sie Träger und betroffene Personen
- Erklären Sie das Vererbungsmuster

Diese Aufgabe hilft den Schülern, theoretische Vererbungsregeln mit realen genetischen Erkrankungen in Verbindung zu bringen (Wallis, 2018).

Fallstudie: Diagnose der Erkrankung

Den Studierenden wird innerhalb der Delightex-Umgebung ein kurzes Patientenszenario präsentiert. Der Fall umfasst Symptome und grundlegende genetische Informationen im Zusammenhang mit einer genetischen Erkrankung.





Beispielszenario:

Ein Patient leidet unter Atemproblemen und häufigen Lungeninfektionen, die durch eine Mutation in einem Gen verursacht werden.

Studierende:

- analysieren die Symptome
- untersuchen AR-Modelle des betroffenen Gens oder Proteins
- ermitteln die wahrscheinlichste Art der genetischen Störung

Fallbasiertes Lernen fördert die Problemlösungskompetenz und unterstützt ein tieferes Verständnis genetischer Erkrankungen (NHGRI, 2024).

Ethik in der Praxis

Die moderne Genetik wirft auch wichtige ethische Fragen auf. In dieser Phase setzen sich die Schüler mit kurzen ethischen Szenarien auseinander, die sich auf Gentests, Datenschutz und den verantwortungsvollen Umgang mit genetischen Informationen beziehen.

Diskussionsfragen:

- Sollten alle Menschen auf genetische Erkrankungen getestet werden?
- Wer sollte Zugang zu den Ergebnissen von Gentests haben?
- Wie können genetische Daten geschützt werden?

Diese Diskussionen stehen im Zusammenhang mit bioethischen Grundsätzen und helfen den Schülern, über die sozialen Auswirkungen der Gentechnologie nachzudenken (Wallis, 2018; NHGRI, 2024).

Feedback und Unterstützung

Während der gesamten Durchführungsphase erhalten die Schüler Feedback durch:

- Lehrergeführte Diskussionen
- Feedback von Gleichaltrigen während Gruppenaktivitäten
- kurze Reflexionsaufgaben innerhalb von Delightex





Der Schwerpunkt dieser Phase liegt auf Verständnis und Anwendung statt auf Auswendiglernen. Durch die aktive Arbeit mit AR-Tools und Beispielen aus dem realen Leben werden die Schüler auf die Reflexionsaufgaben in der Vertiefungsphase vorbereitet.

Globale Relevanz und Schülerengagement

Die Lernaktivitäten in dieser Einheit spiegeln moderne Ansätze wider, die bereits in Schulen und Wissenschaftszentren auf der ganzen Welt zum Einsatz kommen. Interaktive DNA- und Genetik-Anwendungen werden derzeit in Ländern wie Finnland, den Vereinigten Staaten und Japan im Genetikunterricht eingesetzt, wo digitales und AR-basiertes Lernen in die naturwissenschaftlichen Lehrpläne integriert ist (NHGRI, 2024).

Lehrkräfte berichten, dass das Engagement der Schüler zunimmt, wenn abstrakte biologische Konzepte visuell und interaktiv dargestellt werden. AR ermöglicht es den Lernenden, Modelle zu bewegen, zu erkunden und zu manipulieren, was im Vergleich zum traditionellen Lernen mit Lehrbüchern ein tieferes Verständnis der Konzepte fördert (Wallis, 2018).

Durch den Einsatz von AR-Elementen in dieser Einheit werden die Schüler zu aktiven Teilnehmern an wissenschaftlichen Erkundungen und sind nicht mehr nur passive Empfänger von Informationen. Sie *sehen* nicht nur genetische Mutationen, sondern *erleben auch*, wie sich Veränderungen in der DNA auf die menschliche Gesundheit auswirken können. Dieser Ansatz bereitet die Schüler auf fundierte Diskussionen über moderne Medizin, Genetik und ethische Entscheidungsfindung in realen Kontexten vor (NHGRI, 2024).





3: Verbessern

In dieser Phase wird das Lernen durch Delightex als primäre interaktive Umgebung vertieft. Alle Aktivitäten finden innerhalb einer Delightex-Szene statt, in der Augmented-Reality-Elemente (AR), Informationstafeln und Reflexionsaufgaben zu einer zusammenhängenden Lernerfahrung kombiniert werden.

Für Schüler im Alter von 14 bis 18 Jahren können Themen wie DNA-Mutationen, Vererbungsmuster und Gen-Protein-Wechselwirkungen allein anhand von Texten schwer verständlich sein. Delightex hilft dabei, diese Lücke zu schließen, indem es 3D-AR-Modelle, geführte Aufgaben und Reflexionsfragen in einem einzigen immersiven Raum integriert, sodass die Schüler komplexe genetische Konzepte aktiv erforschen können (Wallis, 2018).

Vertiefung des Verständnisses komplexer Konzepte

In der Delightex-Umgebung interagieren die Schüler mit AR-Elementen, die das Verständnis genetischer Störungen fördern, darunter

- die Doppelhelixstruktur der DNA und ihre Rolle bei der Replikation und Transkription,
- Punktmutationen und ihre Auswirkungen auf die Proteinsynthese,
- Chromosomenveränderungen wie Trisomie oder Deletionen, die mit Erkrankungen wie dem Down-Syndrom oder dem Turner-Syndrom in Verbindung stehen,
- der Weg von einer DNA-Mutation zu körperlichen Symptomen, die durch fehlerhafte Proteine verursacht werden.

Diese Konzepte werden anhand von eingebetteten AR-Modellen und visuellen Tafeln statt statischer Diagramme dargestellt. Mit Tools wie MoleculAR und Genome AR, die in den Delightex-Workflow integriert sind, können die Schüler genetische Strukturen Schritt





für Schritt drehen, vergrößern und erkunden. Dies fördert das räumliche Verständnis und hilft den Lernenden zu erkennen, wie kleine genetische Veränderungen zu erheblichen Auswirkungen auf die Gesundheit führen können (NHGRI, 2024).

Aktives Lernen und Engagement innerhalb von Delightex

Delightex verwandelt die Vertiefungsphase in eine aktive Lernaufgabe und nicht in eine passive Wiederholung. Anstatt Videos anzuschauen oder lange Texte zu lesen, bearbeiten die Schüler angeleitete Aufgaben direkt in der Delightex-Umgebung.

Die Lernenden werden einbezogen durch:

- Interaktion mit AR-Modellen, die in die Szene eingebettet sind,
- kurze Delightex-Infotafeln, die die Beobachtung und das Denken anleiten,
- Aufgaben im Missionsstil (z. B. Analyse einer Mutation oder Lösung einer Fallstudie),
- Diskussionen mit Gleichaltrigen auf der Grundlage von in der Szene angezeigten Aufforderungen.

Dieser Ansatz fördert die intrinsische Motivation und ermutigt die Schüler, Verantwortung für ihr Lernen zu übernehmen. Aktive Beteiligung verbessert nachweislich das Verständnis komplexer biologischer Prozesse, insbesondere im Genetikunterricht (Wallis, 2018).

Delightex-Tools und Lernstruktur

In dieser Phase wird Delightex verwendet, um mehrere Lernelemente zu kombinieren:

- AR-Objekte (DNA, Gene, Chromosomen, Proteine) zum Erkunden und Beobachten





- Informationstafeln, die wichtige Konzepte in kurzer, schülerfreundlicher Sprache erklären
- Fallstudien-Tafeln, die reale genetische Szenarien darstellen
- Reflexionspanels, die zur ethischen Diskussion und persönlichen Reaktion anregen

Externe AR-Tools wie MoleculAR, Genome AR oder Merge EDU werden als Inhaltsquellen genutzt, während Delightex weiterhin die Hauptplattform bleibt, die den Lernprozess und die Bewertung strukturiert.

Verbindung der Genetik mit realen Kontexten

Delightex-Szenen unterstützen auch die reale Anwendung von genetischem Wissen. Durch AR-gestützte Szenarien erkunden die Schüler Rollen wie die von Genetikberatern oder Patienten und reflektieren darüber, wie genetische Informationen im Gesundheitswesen genutzt werden.

Beispiel:

- analysieren die Schüler die Auswirkungen einer BRCA-Genmutation mithilfe von AR-Modellen und Diskussionsimpulsen.
- Ethikkommissionen werfen Fragen zu Gentests, Datenschutz und Datensicherheit auf.

Diese Aufgaben helfen den Lernenden zu verstehen, wie die Genomwissenschaft Einzelpersonen und die Gesellschaft beeinflusst, und unterstützen das interdisziplinäre Lernen in den Bereichen Biologie, Ethik und Technologie (NHGRI, 2024).

Inklusives und personalisiertes Lernen mit Delightex

Delightex unterstützt inklusives Lernen durch folgende Angebote:

- visuelle Erklärungen, die Lernende mit unterschiedlichem sprachlichem Hintergrund unterstützen,
- kurze, mehrschichtige Inhalte anstelle von langen Texten,





- das Erkunden von AR-Elementen innerhalb der Szene im eigenen Tempo.

Die Schüler können die Tafeln und Modelle nach Bedarf erneut betrachten, was ihr Selbstvertrauen stärkt und das selbstständige Lernen fördert.

Fazit:

In dieser Lerneinheit haben die Schüler die Grundlagen genetischer Störungen untersucht, darunter was sie sind, wie sie vererbt werden, wie sie sich auf den menschlichen Körper auswirken und wie sie diagnostiziert werden. Durch strukturierte Lektionen und interaktive Aufgaben entwickelten die Lernenden ein klares Verständnis dafür, wie Mutationen in der DNA zu verschiedenen Krankheiten führen können, wie z. B. Einzelgenstörungen, Chromosomenstörungen und komplexen Erkrankungen, die sowohl durch genetische als auch durch Umweltfaktoren beeinflusst werden (Wallis, 2018).

Ein wesentliches Merkmal dieser Einheit war die Verwendung von Delightex als primäre Lernumgebung, in der Augmented-Reality-Elemente (AR), Informationstafeln und Lernaufgaben zu einem zusammenhängenden Lernpfad kombiniert wurden. AR-Tools wie MolecuLAR, Genome AR und Merge EDU wurden innerhalb von Delightex eingesetzt, um die Erkundung und das Verständnis zu unterstützen. Mit diesen Tools konnten die Schüler DNA-Strukturen visualisieren, die Auswirkungen von Mutationen beobachten und Chromosomenanomalien auf interaktive Weise untersuchen. Dadurch wurden abstrakte genetische Konzepte zugänglicher und leichter verständlich (NHGRI, 2024).

Die Einheit unterstützte auch die Entwicklung wichtiger Kompetenzen für das 21. Jahrhundert. Durch AR-basierte Aufgaben, Diskussionen und gemeinschaftliche Aktivitäten übten die Schüler ethisches Denken, digitale Kompetenz, Kommunikation und Teamarbeit. Durch die Auseinandersetzung mit realen Anwendungsbereichen wie Gentests, Krankheitsprognosen und bioethischen Entscheidungen konnten die Lernenden wissenschaftliche Erkenntnisse mit aktuellen gesellschaftlichen Themen





wie personalisierter Medizin und Datenschutz in Verbindung bringen (Green & Guyer, 2015).

Insgesamt regte diese Lerneinheit die Schüler dazu an, kritisch zu denken und sich als informierte Lernende und verantwortungsbewusste Bürger zu verhalten. Durch die Arbeit in der Delightex-Umgebung lernten die Schüler nicht nur etwas über Genetik, sondern erlebten auch, wie Genomwissen in der modernen Wissenschaft und Gesundheitsversorgung eingesetzt wird. Angesichts der kontinuierlichen Weiterentwicklung der Gentechnologie sind die Lernenden nun besser darauf vorbereitet, sich an fundierten Diskussionen und zukünftigen Herausforderungen in den Bereichen Wissenschaft, Medizin und Gesellschaft zu beteiligen (Collins et al., 2003).





Phase	Beschreibung
Erkunden	- Forschung und Entdeckung: Die Schüler werden anhand von Bildmaterial, Beispielen aus dem Alltag und kurzen erklärenden Texten in wichtige Konzepte wie DNA, Gene, Mutationen und genetische Störungen eingeführt.
	- Inhaltsentwicklung: Die Lehrkräfte verwenden schülerfreundliche Ressourcen (z. B. NHGRI-Informationsblätter), die durch Diagramme, Karyotypen und Infografiken ergänzt werden.
	- Bedarfsanalyse: Diagnostische Aufgaben helfen dabei, die Vorkenntnisse der Schüler zu ermitteln, sodass die Lehrer die Tiefe der Inhalte anpassen und angemessene Unterstützung bieten können.
Durchführung	- Umsetzung des Lehrplans: Der Unterricht kombiniert Lehreranleitungen, Diskussionen und AR-Demonstrationen mit Delightex und integrierten Tools wie Molecular und Merge EDU.
	- Interaktive Übungen: Die Schüler absolvieren AR-basierte Aufgaben, darunter Mutationsverfolgung, virtuelle Karyotypanalyse und Diskussionen zu ethischen Szenarien. Gruppenarbeit und Arbeitsblätter fördern die Zusammenarbeit und die Anwendung des Gelernten.
	- Feedback-Erfassung: Das Lernen wird durch Peer-Feedback, Lehrer-Feedback, kurze Quizfragen und Reflexionsaufgaben innerhalb von Delightex unterstützt.
Verbessern	- AR-Integration: Delightex wird als Kernumgebung genutzt, in der die Schüler mit 3D-Modellen von DNA, Chromosomen und Mutationen interagieren. Diese Tools machen unsichtbare biologische Strukturen sichtbar und interaktiv.
	- Interaktives Lernen: Die Lernenden erfüllen missionsbasierte Aufgaben wie die Entschlüsselung von Mutationen, die Analyse virtueller Patientenfälle und die Erklärung genetischer Mechanismen mithilfe von AR-Modellen.
	Gamifizierte Inhalte: Punkte und Abzeichen: Die Schüler verdienen digitale Abzeichen für das Erfüllen von AR-Aufgaben und Herausforderungen (z. B. <i>DNA-Detektiv</i> , <i>Chromosomenheld</i>). Ranglisten: Visuelle Fortschrittsanzeigen fördern die Motivation und einen freundschaftlichen Wettbewerb. Quests und Levels: Das Lernen ist wie eine Reise aufgebaut, bei der mit zunehmendem Verständnis neue Herausforderungen freigeschaltet werden. Belohnungen für Erkundungen: Optionale AR-Inhalte werden durch zusätzliche Erkundungen und Reflexionen freigeschaltet. Kollaborative gamifizierte Aufgaben: Zu den Gruppenherausforderungen gehören das Lösen genetischer Rätselfälle und das Erstellen von AR-basierten Postern, die eine bestimmte genetische Störung erklären.
	AR-basierte Bewertungen: Die Bewertung ist direkt in Delightex integriert und umfasst: die Analyse einer genetischen Störung anhand von AR-gestützten Fallstudien, das Ausfüllen eines virtuellen Punnett-Quadrats oder einer Vererbungsaufgabe, die Erklärung von Mutationseffekten anhand von 3D-Genmodellen sowie ein abschließendes kurzes Quiz, das durch AR-Visualisierungen unterstützt wird.





Referenzen

Collins, F. S., Morgan, M. & Patrinos, A. (2003). Das Humangenomprojekt: Lehren aus der groß angelegten Biologie. *Science*, 300(5617), 286–290.
<https://doi.org/10.1126/science.1084564>

Green, E. D., & Guyer, M. S. (2015). Charting a course for genomic medicine from base pairs to bedside. *Nature*, 470(7333), 204–213.
<https://doi.org/10.1038/nature09764>

Nationales Institut für Humangenomforschung. (2024). *Informationsblätter: Genetische Störungen*. Nationale Gesundheitsinstitute.
<https://www.genome.gov/Genetic-Disorders>

Nationales Institut für Humangenomforschung. (2024). *Informationsblatt zum Humangenomprojekt*. Nationale Gesundheitsinstitute.
<https://www.genome.gov/human-genome-project>

Wallis, G. A. (2018). Die genetischen Grundlagen von Krankheiten. *Essays in Biochemistry*, 62(3), 489–498.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6279436/>





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: 2023-1-DE03-KA220-SCH-000126516

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.