



Co-funded by
the European Union

Modellierung der Auswirkungen von GVO



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	2
Entdecken	3
1. GVO und ihre Auswirkungen verstehen	3
1.1 Was sind genetisch veränderte Organismen (GVO)?	3
1.2 Wie funktioniert genetische Veränderung (Grundprinzipien)?	4
1.3 Beispiele für GVO im Alltag	4
1.4 Mögliche Vorteile von GVO	4
1.5 Mögliche Risiken und Bedenken	5
Video ansehen	5
1.6 Warum Modellierung und AR für das Verständnis von GVO nützlich sind	6
Visuelle Zusammenfassung: Vorteile und Risiken von GVO	6
1.7 Fragen zum Nachdenken	7
Ausführen	7
2. Modellierung und Analyse der Auswirkungen von GVO durch bioinspiriertes Design	7
2.1 Bio-Inspiration: Von natürlichen genetischen Prozessen lernen	7
2.2 Einsatz von AR zur Erreichung der Lernziele	7
2.3 Praktische Übungen und globale Lernbeispiele	8
Verbessern	9
3. Vertiefung des Verständnisses der Auswirkungen von GVO durch AR	9
3.1 Vertiefung des konzeptionellen Verständnisses durch AR	9
3.2 Komplexe Systeme zugänglicher machen	9
3.3 Steigerung des Engagements und der aktiven Beteiligung	9
3.4 Praktische Integration von AR-Tools	10
3.5 Förderung von Reflexion und weiterer Erforschung	10
Fazit	10
Referenzen	12





Quelle: https://www.freepik.com/free-vector/genetically-modified-organisms-isometric-flowchart_6169690.htm





Allgemeines Thema des Lernpfads	Biotechnologie. Biomanufacturing und synthetische Biologie
Spezifischer Name der Lerneinheit	Modellierung der Auswirkungen von GVO
Alter der Zielgruppe	14–18 Jahre
Anforderungen an die Lernenden	Grundkenntnisse in Naturwissenschaften Zugang zu AR-kompatiblen Geräten (Smartphones, Tablets oder AR-Brillen)
Beschreibung der Lerneinheit	Diese Lerneinheit und Aktivität führt die Schüler in die Auswirkungen genetisch veränderter Organismen (GVO) auf Umwelt, Landwirtschaft und Gesellschaft ein. Mithilfe von Augmented-Reality-Technologien (AR) modellieren die Schüler verschiedene Szenarien der GVO-Anwendung, analysieren potenzielle Vorteile und Risiken und diskutieren ethische, wirtschaftliche und ökologische Aspekte. Die Lerneinheit kombiniert forschendes Lernen, kollaborative Aktivitäten und Reflexion, um ein kritisches Verständnis der Biotechnologie und ihrer Anwendungen in der Praxis zu fördern.
Thema: Beteiligte Parteien	Biologie, Biotechnologie, Umweltwissenschaften, MINT-Bildung, digitale Technologien
Stichworte	GVO, genetische Veränderung, Augmented Reality, Landwirtschaft, Ökosysteme, Biodiversität, Ethik, Lebensmittelsicherheit, Biotechnologie
Wichtige Qualifikationen, Fähigkeiten und Kenntnisse, die erworben werden können	• Verständnis dafür, was GVO sind und wie sie hergestellt werden • Fähigkeit, die Auswirkungen von GVO auf Ökosysteme und die menschliche Gesundheit zu analysieren • Kritisches Denken und Argumentation bei der Bewertung von Nutzen und Risiken der Biotechnologie • Digitale Kompetenz durch den Einsatz von AR-Technologien • Teamfähigkeit und Kommunikationsfähigkeiten





		• Problemlösungsfähigkeiten durch Szenario-Modellierung
Verwendete Ressourcen und didaktische Hilfsmittel		• AR-Anwendungen oder -Plattformen • Mobile Geräte (Tablets, Smartphones, AR-Brillen) • Online-Ressourcen und Lehrvideos • Arbeitsblätter und Aufgabenkarten • Projektor oder interaktives Whiteboard • Vom Lehrer vorbereitete Präsentationen
Bewertungskriterien und Beurteilung		Die Bewertung basiert sowohl auf formativen als auch auf summativen Ansätzen. • Formative Bewertung: ○ Teilnahme an AR-basierten Erkundungen und Diskussionen ○ Engagement während der Szenarioanalyse und Gruppenarbeit ○ Reflexion über Vorteile, Risiken und ethische Aspekte von GVO • Summative Bewertung: ○ Leistung im AR-basierten Test (Phase 1 der Übung) ○ Qualität und Relevanz der von den Studierenden erstellten AR-Szenarien und Fragen (Phase 2) ○ Fähigkeit, Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zu erklären und Schlussfolgerungen zu begründen





Einleitung

Gentechnisch veränderte Organismen (GVO) werden in der Landwirtschaft, Biotechnologie und Medizin häufig eingesetzt, doch ihre Auswirkungen auf die Umwelt, die Ernährungssysteme und die Gesellschaft sind oft komplex und schwer vorstellbar. Diese Lerneinheit führt in GVO anhand von Modellierungs- und Simulationsansätzen ein, mit deren Hilfe die Schüler untersuchen können, wie genetische Veränderungen Organismen und Ökosysteme beeinflussen können. Mithilfe digitaler Modellierungswerkzeuge und Augmented Reality (AR) können die Lernenden potenzielle Vorteile und Risiken von GVO analysieren, Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge verstehen und eine fundiertere Perspektive darauf entwickeln, wie die Biotechnologie reale Herausforderungen prägt.

Entdecken

1. GVO und ihre Auswirkungen verstehen

In diesem Abschnitt entwickeln die Schüler ein grundlegendes Verständnis für gentechnisch veränderte Organismen (GVO), wie sie entstehen und warum ihre Auswirkungen komplex sein können. In der Erkundungsphase werden wichtige biologische und biotechnologische Konzepte vorgestellt, die zum Verständnis der genetischen Veränderung erforderlich sind, bevor später in der Einheit mit Modellierung, AR-basierter Analyse und kreativen Aktivitäten begonnen wird.



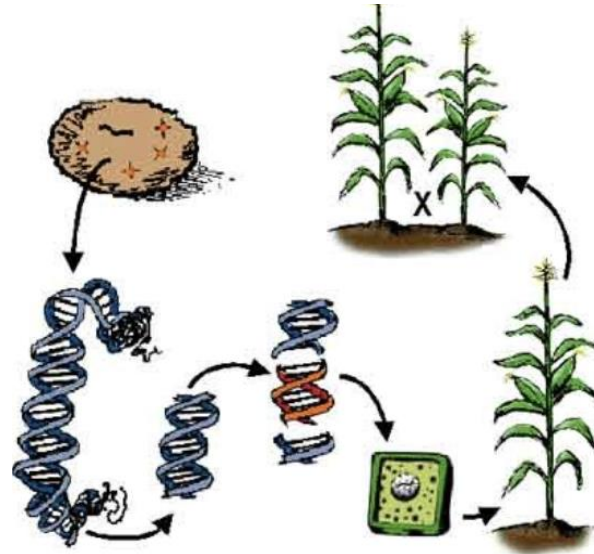


Abbildung 1. Der Prozess der Pflanzengentechnik. Quelle:
<https://passel2.unl.edu/view/lesson/7f79e74ec2cd/8>

1.1 Was sind genetisch veränderte Organismen (GVO)?

Ein genetisch veränderter Organismus (GVO) ist ein Organismus, dessen genetisches Material mithilfe gentechnischer Verfahren gezielt verändert wurde. Im Gegensatz zur traditionellen Züchtung, bei der über viele Generationen hinweg bestimmte Merkmale ausgewählt werden, ermöglicht die genetische Veränderung Wissenschaftlern, bestimmte Gene direkt in das Genom eines Organismus einzufügen. (https://en.wikipedia.org/wiki/Genetically_modified_organism)

Beispiel: Bt-Mais, der mit einem Bakteriengen (*Bacillus thuringiensis*) zur Schädlingsresistenz verändert wurde. (https://en.wikipedia.org/wiki/Genetically_modified_organism)

GVO können Pflanzen, Tiere oder Mikroorganismen sein. Sie werden häufig in der Landwirtschaft eingesetzt, um die Widerstandsfähigkeit, Produktivität oder den Nährwert von Nutzpflanzen zu verbessern, sowie in der Biotechnologie und Medizin zu Forschungs- und Produktionszwecken.

Video ansehen:

Um das Verständnis der Schüler für genetisch veränderte Organismen zu fördern, werden die Lernenden dazu angeregt, sich ein kurzes Einführungsvideo anzusehen, in dem erklärt wird, was GVO sind und wie sie hergestellt werden. Das Video bietet einen klaren, leicht verständlichen Überblick über genetische Veränderungsprozesse und Beispiele aus der Praxis und hilft den Schülern dabei, eine gemeinsame Grundlage zu schaffen, bevor sie die Auswirkungen von GVO durch Modellierung und Augmented-Reality-Aktivitäten analysieren.

Video: Was sind genetisch veränderte Organismen (GVO)?
<https://www.youtube.com/watch?v=jYvJyEMHZ4>





1.2 Wie genetische Veränderung funktioniert (Grundprinzipien)

Bei der genetischen Veränderung wird ein Gen mit einer gewünschten Eigenschaft identifiziert und in einen anderen Organismus eingefügt. Dieser Prozess umfasst in der Regel:

- Isolierung eines bestimmten Gens aus einem Organismus (z. B. Bt-Toxin-Gen aus Bakterien).
- Einfügen des Gens in einen Vektor (oft ein Plasmid).
- Übertragung des Gens in den Zielorganismus (z. B. über Agrobacterium oder eine Genkanone).
- Sicherstellen, dass das neue Gen korrekt exprimiert wird.

Dadurch können Organismen neue Eigenschaften erwerben, wie z. B. Resistenz gegen Schädlinge, Toleranz gegenüber Herbiziden oder die Fähigkeit, nützliche Substanzen wie Insulin zu produzieren.

1.3 Beispiele für GVO im Alltag

GVO sind in der modernen Biotechnologie und Landwirtschaft weit verbreitet. Häufige Beispiele sind:

- **Gentechnisch veränderte Nutzpflanzen** wie Mais oder Sojabohnen, die gegen Schädlinge resistent sind oder Umweltstress tolerieren. Bt-Mais oder Roundup Ready-Sojabohnen, die gegen Schädlinge resistent sind oder Herbizide tolerieren (MON810, zugelassen in den 1990er Jahren). (https://en.wikipedia.org/wiki/Genetically_modified_maize)
- **GVO-Mikroorganismen**, die zur Herstellung von Medikamenten wie Insulin oder Impfstoffen verwendet werden. Beispiel: E. coli, das zur Produktion von menschlichem Insulin entwickelt wurde (Humulin, zugelassen von der FDA 1982)
- **Forschungsorganismen**, die zur Untersuchung von Genfunktionen und Krankheitsmechanismen verändert wurden.

Diese Beispiele zeigen, dass GVO nicht auf die Lebensmittelproduktion beschränkt sind, sondern eine breitere Rolle in Wissenschaft und Medizin spielen.

1.4 Mögliche Vorteile von GVO

Die genetische Veränderung bietet mehrere potenzielle Vorteile, die durch strenge Metaanalysen belegt sind:

- Höhere Ernteerträge (z. B. +22 % für gentechnisch veränderten Mais laut Metaanalysen aus den Jahren 2014–2021. Quelle: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4218791/>).
- Reduzierter Pestizideinsatz (-37 % für herbizidtolerante Pflanzen, Metaanalyse von 2014).
- Verbesserter Nährstoffgehalt (z. B. Golden Rice mit Beta-Carotin gegen Vitamin-A-Mangel. Quelle: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4218791/>).
- Verbesserte Widerstandsfähigkeit gegenüber Umweltbelastungen (Dürre, Versalzung, Bodenstress). (Quelle: https://en.wikipedia.org/wiki/Genetically_modified_food).





Diese Vorteile tragen zur Bewältigung globaler Herausforderungen wie Ernährungssicherheit, Reduzierung des Einsatzes von Chemikalien in der Landwirtschaft und Stärkung der Widerstandsfähigkeit gegenüber Klimaschwankungen bei. (Weitere Informationen: <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/food-genetically-modified>).

1.5 Mögliche Risiken und Bedenken

GVO werfen auch berechtigte Bedenken auf, die eine sorgfältige Bewertung erfordern, unterstützt durch laufende ökologische und soziale Forschung:

- Auswirkungen auf die biologische Vielfalt (z. B. Genfluss zu wilden Verwandten, seit den 2000er Jahren dokumentierte herbizidresistente „Superunkräuter“; Auswirkungen auf Nicht-Zielinsekten werden derzeit untersucht) (Quelle: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.ado9340>).
- Möglicher Gentransfer auf Nichtzielorganismen (horizontaler Gentransfer; selten, aber unter Laborbedingungen dokumentiert).
- Langfristige Auswirkungen auf die Umwelt (mikrobielle Gemeinschaften im Boden, Auswirkungen auf Nichtzielinsekten wie Monarchfalter – seit einer Studie aus dem Jahr 1999 umstritten, 2010–2020 neu bewertet) (Quelle: <https://ecoservantsproject.org/genetically-modified-organisms-gmos-and-the-environment-impacts-benefits-and-concerns/>).
- Ethische, soziale und wirtschaftliche Überlegungen:
 - Abhängigkeit der Landwirte von proprietärem Saatgut und Lizenzvereinbarungen.
 - Kennzeichnungsvorschriften und Akzeptanz durch die Verbraucher (variiert je nach Region).
 - Gerechter Zugang zu Gentechnologien in Entwicklungsländern.
 - Patentrechte und Fragen des geistigen Eigentums.

Um GVO zu verstehen, ist daher ein systemisches Denken erforderlich, bei dem biologische, ökologische und gesellschaftliche Faktoren gemeinsam und nicht isoliert betrachtet werden.

Video ansehen

Um kritisches Denken und Diskussionen anzuregen, werden die Schüler eingeladen, sich ein kurzes Video anzusehen, das verschiedene Perspektiven zu gentechnisch veränderten Organismen präsentiert. Das Video verdeutlicht, warum die Auswirkungen von GVO komplex und kontextabhängig sein können, und unterstützt eine fundierte Analyse anstelle einer einfachen „Pro- oder Kontra“-Haltung. Diese Ressource bereitet die Lernenden auf AR-basierte Szenarioanalysen und Entscheidungsfindungsaktivitäten in den folgenden Phasen vor.

Video: *Genetisch veränderte Organismen (GVO) – verschiedene Perspektiven*
<https://www.youtube.com/watch?v=-RW5aRphVFw>





1.6 Warum Modellierung und AR für das Verständnis von GVO nützlich sind

Die Auswirkungen der genetischen Veränderung sind oft unsichtbar und treten erst im Laufe der Zeit auf, sodass sie allein anhand statischer Bilder oder Texte nur schwer zu verstehen sind. Modellierung und Augmented Reality (AR) helfen dabei, Prozesse wie Geninsertion, Merkmalsausprägung und potenzielle Wechselwirkungen mit der Umwelt zu visualisieren.

Durch die Untersuchung von GVO-bezogenen Szenarien mithilfe von AR-basierten Tests und interaktiven Modellen können die Schüler Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge besser verstehen und verschiedene Ergebnisse bewerten. Dies bereitet die Lernenden darauf vor, sich kritisch mit den Übungsaufgaben auseinanderzusetzen und darüber nachzudenken, wie Entscheidungen im Bereich der Biotechnologie reale Systeme beeinflussen.

Beispiel: Der AR-Schieberegler zeigt den Ertrag von GVO-Mais im Vergleich zu Veränderungen beim Pestizideinsatz. Die Schüler simulieren Szenarien, bewerten Ergebnisse und entwickeln kritisches Denken für Übungsaufgaben. (<https://bios4you.infoproject.eu/how-delightex-ar-is-transforming-stem-education-classroom-practices-and-teaching-tips/>)

Visuelle Zusammenfassung: Vorteile und Risiken von GVO

Die folgende visuelle Zusammenfassung stellt häufig diskutierte potenzielle Vorteile und Risiken gentechnisch veränderter Organismen dar. Sie dient als Diskussions- und Analyseinstrument zur Unterstützung des Systemdenkens und nicht zur Förderung einer bestimmten Sichtweise. Die Schüler werden ermutigt, Punkte zu vergleichen, Kompromisse zu identifizieren und zu überlegen, wie unterschiedliche Kontexte (ökologisch, wirtschaftlich und sozial) die Bewertung des Einsatzes von GVO beeinflussen.

✓ Benefits of GMOs	Risks of GMOs ✗
Nutritional value of foods could be improved (e.g. by introducing proteins, vitamins or vaccines)	New traits could cause adverse health reactions (e.g. new proteins may cause allergic responses)
Crops can be produced that lack known allergens	Removal of traits could have unknown effects
Crops can grow in arid conditions for better yield (e.g. by introducing drought resistant genes)	Crops may limit biodiversity of local environment (increased competition with native species)
GM crops can produce herbicides to kill pests	Cross pollination could lead to 'super weeds'
Improve food supply / agriculture in poor countries (GM crops can be engineered for improved yields)	Patents restrict farmers from accessing GM seeds (biotech companies hold monopolies over crop use)
GM crops may have longer shelf lives (less spoil)	Foods with GM components may not be labeled
Reduces economic costs and carbon footprint – less need for land clearing and pesticide usage	Different governments may have conflicting regulatory standards concerning safe usage





(Quelle: <https://old-ib.bioninja.com.au/standard-level/topic-3-genetics/35-genetic-modification-and/gmo-debate.html>)

1.7 Fragen zur Reflexion

- Wie unterscheiden sich GVO von Organismen, die durch traditionelle Züchtung entstanden sind?
- Welche Vorteile von GVO scheinen am bedeutendsten zu sein und warum?
- Welche potenziellen Risiken müssen weiter untersucht werden?
- Warum ist es wichtig, ökologische und gesellschaftliche Auswirkungen gemeinsam zu betrachten?
- Wie können Modellierung und AR dazu beitragen, komplexe Themen der Biotechnologie zu erklären?

Ausführen

2. Modellierung und Analyse der Auswirkungen von GVO durch bioinspiriertes Design

In der Ausführungsphase wenden die Schüler ihr Verständnis von genetisch veränderten Organismen an, indem sie untersuchen, wie natürliche biologische Prozesse praktische Lösungen für reale Herausforderungen inspirieren. Die genetische Veränderung selbst basiert auf der Beobachtung und Nutzung von Mechanismen, die bereits in der Natur existieren, wie z. B. Genexpression, Anpassung und Vererbung. In dieser Phase untersuchen die Lernenden, wie diese natürlichen Fähigkeiten in der Biotechnologie genutzt werden, um Organismen mit bestimmten Eigenschaften zu entwerfen, und wie solche Entwürfe Ökosysteme und menschliche Lebensräume beeinflussen können.

2.1 Bio-Inspiration: Von natürlichen genetischen Prozessen lernen

Die Natur passt sich durch genetische Variation und Selektion kontinuierlich an. Die Gentechnik baut auf diesen natürlichen Prinzipien auf, indem sie gezielte Veränderungen am Genom eines Organismus vornimmt. Die Schüler analysieren, wie die Veränderung eines einzelnen Gens zu sichtbaren Merkmalen wie Schädlingsresistenz oder verbesserter Toleranz gegenüber Umweltstress führen kann.

Dieser bioinspirierte Ansatz hilft den Lernenden zu verstehen, dass GVO nicht zufällig entstehen, sondern auf der Grundlage biologischer Erkenntnisse entwickelt werden. Die Schüler





konzentrieren sich auf den Zusammenhang zwischen **genetischer Veränderung** → **Organismuseigenschaft** → **Umweltauswirkungen**, der für die Bewertung sowohl der Vorteile als auch der Risiken der Biotechnologie von entscheidender Bedeutung ist.

2.2 Einsatz von AR zur Erreichung der Lernziele

Augmented Reality (AR) spielt eine wichtige Rolle bei der Unterstützung des Hauptziels dieser Lerneinheit: das Verständnis der Auswirkungen von GVO durch Modellierung und Analyse statt durch Auswendiglernen. AR-Anwendungen ermöglichen es den Schülern, genetische Veränderungsprozesse und ihre Folgen auf anschauliche und interaktive Weise zu visualisieren.

In dieser Einheit unterstützt AR das Lernen, indem es den Schülern Folgendes ermöglicht:

- Untersuchung von **Ursache-Wirkungs-Beziehungen** zwischen genetischen Veränderungen und Organismuseigenschaften,
- **unsichtbare Prozesse** wie Geninsertion und Genexpression visualisieren,
- mit **szenariobasierten Umgebungen** interagieren, die potenzielle Auswirkungen auf die Landwirtschaft und Ökosysteme zeigen.

Nützliche AR-Funktionen für diese Phase sind unter anderem:

- interaktive AR-Szenarien mit eingebetteten Fragen,
- visuelle Ebenen, die Veränderungen vor und nach der genetischen Veränderung zeigen,
- sofortiges Feedback und Bewertung in AR-basierten Tests,
- einfache AR-Erstellungstools (z. B. Delightex) für von Schülern entworfene Szenarien.

Diese Funktionen verwandeln AR in ein Denk- und Modellierungswerkzeug und nicht nur in eine passive visuelle Hilfe.

2.3 Praktische Übungen und Beispiele für globales Lernen

In dieser Phase beschäftigen sich die Schüler mit praktischen, handlungsorientierten Aktivitäten, die von bioinspirierten Lernansätzen inspiriert sind, die weltweit in der MINT- und Biotechnologieausbildung eingesetzt werden. Ähnliche AR-basierte Modellierungsaktivitäten werden häufig eingesetzt, um Lernenden zu helfen, komplexe Systeme zu verstehen und technologische Auswirkungen zu bewerten.

Beispiele für praktische Aktivitäten sind:

- Analyse eines AR-basierten Tests, der GVO-Szenarien und deren Ergebnisse modelliert
- Vergleich verschiedener Strategien der genetischen Veränderung und ihrer potenziellen Auswirkungen,





- Erstellen einfacher AR-Szenen, die GVO-bezogene Situationen darstellen, Entwerfen und Testen von Fragen, die das Verständnis der Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft bewerten.

Solche Aktivitäten spiegeln reale wissenschaftliche und pädagogische Praktiken wider, bei denen Modellierung, Simulation und digitale Visualisierung eingesetzt werden, um komplexe biologische Systeme zu erforschen. Durch die aktive Auseinandersetzung mit AR-Szenarien und die Erstellung eigener Inhalte gelangen die Schüler vom Verständnis der Konzepte zu deren Anwendung und Bewertung in sinnvollen Kontexten.

Verbessern

3. Vertiefung des Verständnisses der Auswirkungen von GVO durch AR

In der Phase „**Vertiefen**“ wird Augmented Reality (AR) eingesetzt, um das Verständnis der Schüler für genetisch veränderte Organismen zu vertiefen, indem abstrakte und komplexe Prozesse in interaktive Lernerfahrungen umgewandelt werden. GVO-bezogene Veränderungen finden oft auf genetischer Ebene statt und beeinflussen Systeme im Laufe der Zeit, sodass sie mit traditionellen Lehrmethoden allein nur schwer zu verstehen sind. AR bietet eine leistungsstarke Möglichkeit, diese Prozesse zu visualisieren und ihre weiterreichenden Auswirkungen zu untersuchen.

3.1 Vertiefung des konzeptionellen Verständnisses durch AR

AR ermöglicht es den Schülern, genetische Veränderungen als dynamischen Prozess und nicht als statisches Konzept zu untersuchen. Durch die Interaktion mit AR-Szenarien können die Lernenden beobachten, wie genetische Veränderungen zu bestimmten Organismuseigenschaften führen und wie sich diese Eigenschaften auf landwirtschaftliche Systeme und Ökosysteme auswirken können.

Durch AR-basierte Visualisierung können Schüler:

- genetische Veränderungen Schritt für Schritt untersuchen,
- Unterschiede zwischen veränderten und nicht veränderten Organismen beobachten,
- mehrere mögliche Ergebnisse einer einzelnen genetischen Veränderung untersuchen.

Dieser interaktive Ansatz fördert ein tieferes konzeptionelles Verständnis und hilft den Schülern, biologische Mechanismen mit realen Konsequenzen in Verbindung zu bringen.

3.2 Komplexe Systeme zugänglicher machen





Die Auswirkungen von GVO betreffen oft miteinander verbundene Systeme wie Nahrungsketten, Ökosysteme und menschliche Aktivitäten. AR unterstützt das Systemdenken, indem es den Schülern ermöglicht, diese Zusammenhänge auf integrierte Weise zu visualisieren.

Durch die Interaktion mit mehrschichtigen AR-Inhalten können die Lernenden:

- Ursache-Wirkungs-Beziehungen identifizieren,
- verstehen, wie Veränderungen in einem Teil eines Systems andere Teile beeinflussen,
- Kompromisse zwischen Nutzen und Risiken erkunden.

Dadurch eignet sich AR besonders gut für die Auseinandersetzung mit komplexen Themen der Biotechnologie, bei denen einfache Antworten selten ausreichen.

3.3 Steigerung des Engagements und der aktiven Beteiligung

AR ermutigt die Schüler, eine aktive Rolle beim Lernen zu übernehmen. Anstatt Informationen passiv aufzunehmen, interagieren die Lernenden mit Szenarien, beantworten Fragen und testen ihr eigenes Verständnis. Wenn die Schüler ihre eigenen AR-basierten Fragen oder Szenarien erstellen, steigt das Engagement weiter, da sie sowohl für den Inhalt als auch für die Bewertung selbst verantwortlich sind.

Die gemeinsame Nutzung von AR fördert auch Diskussionen und das Lernen unter Gleichaltrigen. Die Schüler vergleichen Interpretationen, begründen ihre Entscheidungen und reflektieren unterschiedliche Perspektiven im Zusammenhang mit der Verwendung und Regulierung von GVO.

3.4 Praktische Integration von AR-Tools

In dieser Lerneinheit werden AR-Tools wie **Delightex** eingesetzt, um die Erforschung, Bewertung und Erstellung zu unterstützen. Praktische Möglichkeiten zur Integration von AR sind unter anderem

- Verwendung von AR-basierten Tests mit Bewertung, um das anfängliche Verständnis zu beurteilen
- Einbettung von erklärenden Texten und Fragen direkt in AR-Szenen,
- die Möglichkeit für Schüler, einfache AR-Szenarien zu entwerfen, die die Auswirkungen von GVO modellieren,
- Verwendung von AR-Projekten als Diskussionsanstoß und Reflexionswerkzeuge.

Diese Praktiken stehen im Einklang mit der zunehmenden Verwendung von AR in der MINT-Bildung weltweit zur Unterstützung von Forschung, Modellierung und evidenzbasierten Diskussionen.

3.5 Reflexion und weitere Erkundung fördern





Die Phase „Vertiefen“ unterstützt die Reflexion, indem sie die Schüler dazu anregt, sowohl die Technologie als auch das Thema selbst zu bewerten. Die Lernenden reflektieren darüber, wie AR ihr Verständnis von GVO beeinflusst hat und wie digitale Modellierung fundierte Entscheidungen in Wissenschaft und Gesellschaft unterstützen kann.

Durch die Verknüpfung von biologischem Wissen, AR-Technologie und realen Herausforderungen ermutigt diese Phase die Schüler, sich über die Lerneinheit hinaus weiter mit Themen der Biotechnologie auseinanderzusetzen und sich kritisch mit neuen wissenschaftlichen Innovationen zu beschäftigen.

Fazit

In dieser Lerneinheit wurden genetisch veränderte Organismen untersucht, indem biologisches Wissen mit Modellierung und Augmented Reality kombiniert wurde. In den Phasen „Erkunden“, „Ausführen“ und „Verbessern“ analysierten die Schüler, wie genetische Veränderungen Organismen, Ökosysteme und die Gesellschaft beeinflussen, und wandten dabei bioinspiriertes Denken und Systemdenken an. Der Einsatz von AR-Tools unterstützte die Visualisierung komplexer Prozesse, förderte die kritische Bewertung von Nutzen und Risiken und stärkte das Verständnis der Schüler für die Biotechnologie als wichtigen Motor für Lösungen in der realen Welt, was zu weiteren Untersuchungen der Gentechnik und ihrer Auswirkungen anregte.





Phase	Beschreibung
Erkunden	- Forschung und Entdeckung: Die Schüler untersuchen, was genetisch veränderte Organismen sind, wie genetische Veränderungen funktionieren und warum GVO komplexe Auswirkungen auf Organismen, Ökosysteme und die Gesellschaft haben können.
	- Inhaltsentwicklung: Die Lernenden erwerben grundlegende Kenntnisse anhand von Texten, Diagrammen und visuellen Beispielen und analysieren Vorteile, Risiken und ethische Überlegungen im Zusammenhang mit GVO.
	- Bedarfsanalyse: Die Schüler identifizieren Herausforderungen beim Verständnis unsichtbarer genetischer Prozesse und langfristiger Umweltauswirkungen und erkennen die Notwendigkeit von Modellierungs- und AR-basierten Visualisierungstools.
Durchführung	- Umsetzung des Lehrplans: Die Schüler wenden biologisches Wissen an, indem sie bioinspirierte genetische Prozesse analysieren und die Auswirkungen von GVO durch interaktive AR-basierte Aktivitäten modellieren.
	- Interaktive Übungen: Die Lernenden absolvieren einen AR-basierten Test mit Bewertung, um ihr Verständnis zu überprüfen, und entwerfen dann mit Delightex einfache AR-Szenarien und Fragen zu GVO-Themen.
	- Feedback-Erfassung: Die Schüler erhalten automatisches Feedback durch den AR-Test und Feedback von Mitschülern/Lehrern während der Diskussion und der Erstellung des AR-Projekts.
Verbessern	- AR-Integration: Die Schüler verwenden AR-Tools, um genetische Modifikationsprozesse zu visualisieren, Ergebnisse zu vergleichen und miteinander verbundene Systeme wie Landwirtschaft und Ökosysteme zu untersuchen.
	- Interaktives Lernen: Die Lernenden interagieren mit AR-Szenarien, reflektieren die Ergebnisse und diskutieren verschiedene Perspektiven zum Einsatz und zu den Auswirkungen von GVO.
	Gamifizierte Inhalte: • Punkte und Punktestände: Werden während des AR-basierten Tests automatisch vergeben. • Abzeichen: Für das Erledigen von AR-Erstellungsaufgaben und das Entwerfen sinnvoller Fragen. • Herausforderungen: Die Schüler vergleichen Szenarien und bewerten Kompromisse zwischen Nutzen und Risiken.
	AR-basierte Bewertungen: Das Verständnis wird durch die Testleistung, die Qualität der von den Schülern erstellten Fragen und die reflektierende Diskussion, unterstützt durch AR-Visualisierung, demonstriert.





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

- **BioNinja (IB Biology).** GMO-Debatte – Vorteile und Risiken. <https://old-ib.bioninja.com.au/standard-level/topic-3-genetics/35-genetic-modification-and/gmo-debate.html>
- Bios4You. (2025). Wie Delightex AR die MINT-Bildung verändert: Unterrichtspraktiken und Tipps für Lehrkräfte. <https://bios4you.infoproject.eu/how-delightex-ar-is-transforming-stem-education-classroom-practices-and-teaching-tips/>
- **Freepik.** Genetisch veränderte Organismen – Isometrisches Flussdiagramm. https://www.freepik.com/free-vector/genetically-modified-organisms-isometric-flowchart_6169690.htm (Für Bildungszwecke verwendet)
- Delightex. Delightex Edu-Plattform. <https://edu.delightex.com/>
- Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen. (2020). Der Zustand der Ernährung und Landwirtschaft 2020: Bewältigung der Herausforderungen im Bereich Wasser in der Landwirtschaft. FAO. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9692en>
- Internationaler Dienst für den Erwerb agrarbiotechnologischer Anwendungen. (2024). Globaler Status kommerzialisierter biotechnologischer/gentechnisch veränderter Nutzpflanzen im Jahr 2023. ISAAA Brief Nr. 57. <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/57/default.asp>
- Khan Academy. Gentechnik. <https://www.khanacademy.org/science/ap-biology/gene-expression-and-regulation/biotechnology/a/genetic-engineering>
- Klümper, W., & Qaim, M. (2014). Eine Metaanalyse der Auswirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen. PLOS ONE, 9(11), e111629. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111629>**
- National Human Genome Research Institute. (2026). Genetisch veränderte Organismen (GVO). <https://www.genome.gov/genetics-glossary/Genetically-Modified-Organism-GMO>
- National Library of Medicine. (2024). Genetisch veränderte Organismen – GVO. MedlinePlus. <https://medlineplus.gov/ency/article/002432.htm>
- OpenStax. (2022). Biologie 2e. OpenStax. <https://openstax.org/books/biology-2e/pages/15-4-genetic-engineering>
- Qaim, M. (2020). Rolle neuer Pflanzenzüchtungstechnologien für die Ernährungssicherheit und nachhaltige landwirtschaftliche Entwicklung. Angewandte Wirtschaftsperspektiven und -politik, 42(2), 129–150. <https://doi.org/10.1002/aepp.13044>
- PASSel – Universität Nebraska–Lincoln. Der Prozess der Pflanzengentechnik. <https://passel2.unl.edu/view/lesson/7f79e74ec2cd/8>
- Trower, N. (o. J.). Der Prozess der Pflanzengentechnik [Bild]. Universität Nebraska–Lincoln PASSel. <https://passel2.unl.edu/view/lesson/7f79e74ec2cd/8>
- Weltgesundheitsorganisation. (2024). Lebensmittel, genetisch verändert. <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/food-genetically-modified>
- YouTube. Was sind gentechnisch veränderte Organismen (GVO)? <https://www.youtube.com/watch?v=jYvJyEMHZ4>





- YouTube. Genetisch veränderte Organismen (GVO) – Verschiedene Perspektiven. <https://www.youtube.com/watch?v=-RW5aRphVFw>
- Wikipedia-Autoren. (2026). Genetisch veränderter Mais. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Genetically_modified_maize
- Wikipedia-Autoren. (2026). Genetisch veränderter Organismus. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Genetically_modified_organism

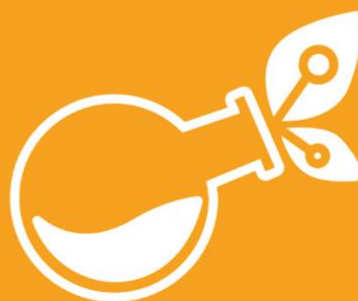
AI-basierte Tools (ChatGPT, Perplexity AI und NotebookLM) wurden zur Unterstützung der Inhaltserstellung, der Zusammenfassung von Forschungsergebnissen und der Organisation von Quellenmaterialien während der Entwicklung dieser Lerneinheit verwendet:

- OpenAI. (2024). *ChatGPT* (großes Sprachmodell). <https://chat.openai.com>
- Perplexity AI. (2024). *Perplexity AI* [KI-gestützter Such- und Rechercheassistent]. <https://www.perplexity.ai>
- Google. (2024). *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.