








Anwendungsgebiete Gentechnik

Informationen für Lehrpersonen

 <p>Arbeitsauftrag</p>	<p>Die SuS erarbeiten anhand einer Ausschlussübung, wo überall Gentechnik angewandt wird. Sie ergänzen ein Glossar mit den zentralen Begriffen.</p> <p>Die Thematik «CRISPR/Cas» kann mit einem ergänzenden Arbeitsblatt erarbeitet werden.</p> <p>In einer Vertiefungsübung werden einzelne angesprochene Themengebiete mittels Recherche vertieft.</p> <p>Abschliessend kann anhand einer Gesetzesübersicht eine Diskussionsrunde lanciert werden. Durch eine Übung über erlaubt und verbotene Anwendungsbeispiele können die Kenntnisse vertieft und angewandt werden.</p>
 <p>Ziele</p>	<p>Die SuS setzen sich mit den vielfältigen Anwendungsbereichen der Gentechnik auseinander, verstehen die rechtliche Situation in der Schweiz und reflektieren ethische sowie gesellschaftliche Konsequenzen dieser Technologie.</p>
 <p>Material</p>	<p>Arbeitsblätter Laptop / Tablet / PC für Recherche Evtl. Präsentationsmaterial Lösungsvorschläge</p>
 <p>Sozialform</p>	<p>EA / PA (Übersicht Gentechnik, Glossar, CRISPR/Cas) – PA / GA (Vertiefung) – Plenum (Diskussion)</p>
 <p>Zeitbudget</p>	<p>90'</p>

Anwendungsgebiete Gentechnik

Informationen für Lehrpersonen



Zusätzliche
Informationen:

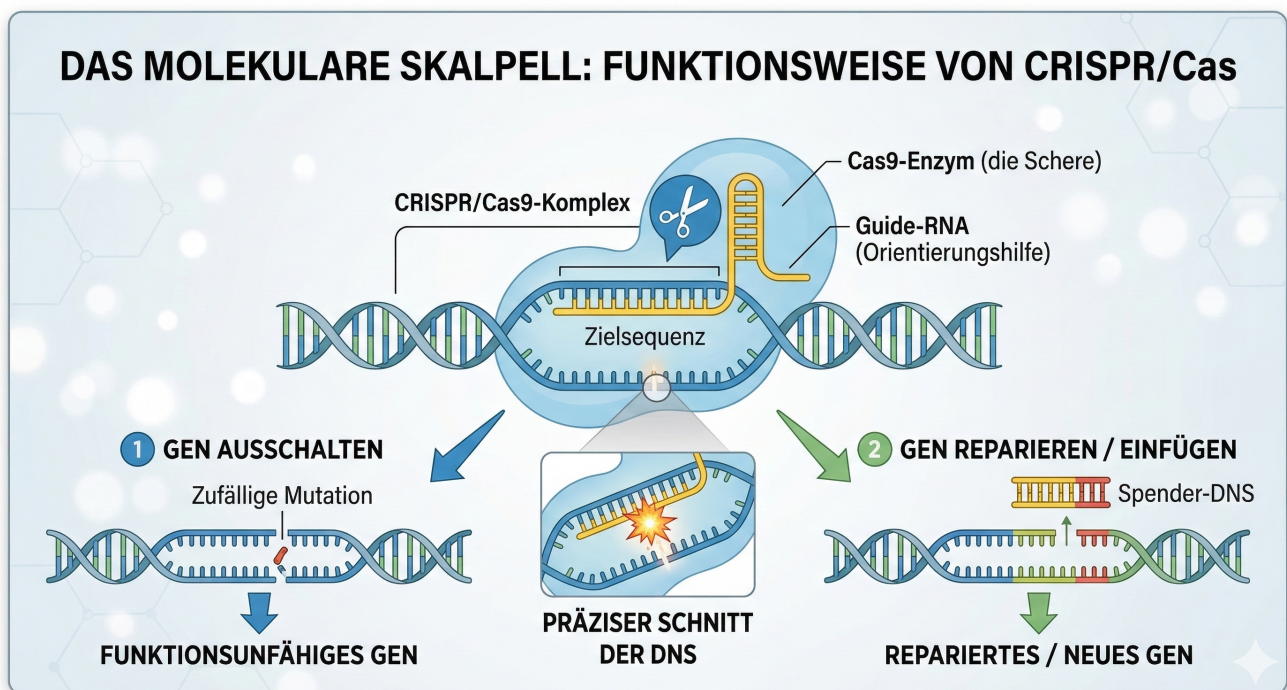
Um die Unterscheidung zwischen Erlaubtem und Verbotenem zu erleichtern, hilft die Einteilung in Farben:

Rote Gentechnik (Medizin): Hohe Akzeptanz, da der direkte Nutzen (Heilung) überwiegt und die Arbeit im "geschlossenen System" (Labor/Tank) stattfindet.

Grüne Gentechnik (Landwirtschaft): Hohe Skepsis in der Schweiz (Moratorium), da die Auskreuzung in der freien Natur als unkontrollierbares Risiko wahrgenommen wird.

Weisse Gentechnik (Industrie): Nutzung von Mikroorganismen zur Herstellung von Vitaminen, Waschmittel-Enzymen oder Aromen. Findet meist unbemerkt statt.

Zusatzinformation für Lehrpersonen: Die Funktionsweise von CRISPR/Cas





Anwendungsgebiete Gentechnik

Arbeitsmaterial

Wo steckt Gentechnik drin?



Finde in jedem Kasten die eine Aussage, die **falsch** ist oder keinen Sinn ergibt. Streiche sie durch. Ergänze bei jeder Reihe noch ein passendes Themengebiet.

Themengebiet:

Mit der Gen-Schere (CRISPR) hofft man, Erbkrankheiten wie Sichelzellenanämie zu heilen.	Diabetiker nutzen Insulin, das von gentechnisch veränderten Bakterien produziert wird.	Gentechnik hat dazu geführt, dass wir keine Impfungen mehr brauchen.
---	--	--

Themengebiet:

In den USA werden Soja und Mais angebaut, die resistent gegen Schädlinge sind.	Dank Gentechnik ist die Ernte immer vor Hagel und schlechtem Wetter geschützt.	In der Schweiz gilt ein Moratorium: Bauern dürfen aktuell keine Gen-Pflanzen anbauen.
--	--	---

Themengebiet:

Forscher entwickeln Bakterien, die Ölteppiche im Meer "fressen" können.	Man arbeitet an Plastik, das durch Enzyme biologisch abbaubar ist.	Gentechnik sorgt dafür, dass wir den Klimawandel einfach "wegzüchten" können.
---	--	---

Themengebiet:

Der "Golden Rice" wurde mit Vitamin A angereichert, um Mangelernährung zu bekämpfen.	In der Schweiz müssen Gen-Lebensmittel im Supermarkt nicht gekennzeichnet werden.	Bei der Käseherstellung wird oft Labferment genutzt, das aus Gen-Mikroben stammt.
--	---	---

Glossar:

- CRISPR-Methode
- Diabetes
- Insulin
- Moratorium
- Enzyme
- Labferment



Anwendungsgebiete Gentechnik

Arbeitsmaterial

Die Genschere / Revolution durch CRISPR/Cas

Die Gentechnik hat sich gewandelt. Während wir früher mit "biologischen Werkzeugen" wie Restriktionsenzymen (Scheren) und Ligasen (Klebern) eher grob gearbeitet haben, ermöglicht CRISPR/Cas eine punktgenaue Präzision. Mit der Entdeckung von CRISPR/Cas (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats¹) erhielten Forscher ein Werkzeug, das wie ein **molekulares Skalpell** funktioniert.

Stell dir vor, du sollst eine Textstelle in einem 1000-seitigen Buch ändern. Restriktionsenzyme sind wie das Aufschlagen des Buches an einer zufälligen Stelle.

Was ist CRISPR/Cas?

Vervollständige die Analogie: CRISPR/Cas ist wie...

.....

CRISPR wird in der Medizin, Landwirtschaft und Forschung eingesetzt.

Beurteile die folgenden Szenarien.

Szenario	Anwendung von CRISPR	Deine Einschätzung (Chance / Risiko?)
Medizin	Korrektur des Gens für Sichelzellenanämie ² direkt in den Blutstammzellen.	
Landwirtschaft	Weizen so verändern, dass er resistent gegen Mehltau-Pilze ist, ohne Weizen-fremde Gene zu nutzen.	
Artenschutz	Ausrottung von Malaria-Mücken durch gezielte Veränderung der Fortpflanzung (Gene Drive).	

Das Problem der "Off-Target-Effekte"

Stell dir vor, du möchtest in einem Text das Wort "Haus" löschen. Die Genschere sucht nach der Buchstabenfolge **H-A-U-S**.

Das Problem: Im Text steht auch das Wort "Maus". Die Genschere erkennt die Ähnlichkeit und schneidet versehentlich auch bei "Maus". In der Genetik nennt man das **Off-Target-Effekt**. Die Schere schneidet an einer ungewollten Stelle im Genom, die dem Ziel sehr ähnlichsieht.

Diskussion: Welche Folgen könnte ein solcher "Fehlschnitt" für einen Patienten haben?

Notiere deine Gedanken:

.....

.....

¹ Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats (zu Deutsch etwa: kurze, regelmässige Abschnitte sich wiederholender DNS).

² Sichelzellenanämie: erbliche Bluterkrankung, bei der verändertes Hämoglobin (HbS) rote Blutkörperchen verformt, was zu Blutarmut, Gefäßverstopfungen, Organschäden und starken Schmerzkrise führt.



Anwendungsgebiete Gentechnik

Arbeitsmaterial

Vertiefung – Wo steckt Gentechnik drin?



Wähle eines der Stichworte aus der Liste unten aus und mache dich auf die Suche nach Schlagzeilen und Newsmeldungen, welche dazu passen. Klebe sie unten ein oder notiere die wichtigsten Inhalte.

- Plastikfressende Bakterien PETase
- Gentech-Moratorium in der Schweiz
- mRNA Impfstoffe
- Golden Rice Philippinen
- Genome Editing bei Pflanzen
- CO₂-bindende Algen, Gentechnik

Anwendungsgebiete Gentechnik

Arbeitsmaterial



Übersicht Gesetze Gentechnologie in der Schweiz

1992: Verfassungsartikel zur Fortpflanzungs- und Gentechnologie

Das Schweizer Volk nimmt den **Art. 119 der Bundesverfassung** (damals Art. 24novies) an.

- **Schutzfokus:** Mensch, Tier und Umwelt sollen vor Missbräuchen der Fortpflanzungs- und Gentechnik geschützt werden.
- **Verbote:** Das **Klonen von Menschen**, die **Embryonenspende** sowie Eingriffe in das Erbgut von menschlichen Keimbahnzellen sind untersagt.
- **Auftrag:** Der Artikel verpflichtet den Bund, Vorschriften zum Schutz der Würde der Kreatur sowie der biologischen Vielfalt zu erlassen.

1998: Ablehnung der Genschutz-Initiative

Die Initiative, welche ein weitgehendes Verbot der Gentechnik in der Schweiz forderte (keine gentechnisch veränderten Tiere, keine Freisetzung von GVO, kein Patentieren von GVO), wird von Volk und Ständen abgelehnt.

- **Signalwirkung:** Die Bevölkerung entscheidet sich gegen ein Totalverbot und für den "dritten Weg": **Nutzen ermöglichen, aber streng kontrollieren.**

2004: Inkrafttreten des Gentechnikgesetzes (GTG)

Basierend auf der "Gen-Lex"-Vorlage des Bundesrates aus dem Jahr 2000 tritt das **Gentechnikgesetz** am 1. Januar 2004 in Kraft.

- **Kernpunkte:** Strenge Bewilligungspflicht für Freisetzungsversuche, Schutz der Wahlfreiheit für Konsumenten (Kennzeichnungspflicht), Haftpflichtregelung und der Schutz der **Würde der Kreatur** (auch bei Pflanzen und Tieren).

2005: Annahme des Gentech-Moratoriums

In einer Volksabstimmung nehmen die Schweizer Stimmbürger die Initiative "**für Lebensmittel aus gentechnikfreier Landwirtschaft**" an.

- **Inhalt:** Ein fünfjähriges Verbot (Moratorium) für den Anbau von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) in der Landwirtschaft.
- **Hinweis:** Die Forschung im Labor und im geschlossenen System bleibt weiterhin erlaubt.

2005 bis heute: Regelmässige Verlängerung des Moratoriums

Da die Skepsis gegenüber GVO in der Landwirtschaft weiterhin gross ist und kein Marktdruck besteht, wurde das Moratorium vom Parlament mehrfach verlängert (zuletzt bis Ende 2025).

- **Aktuelle Debatte:** Derzeit wird diskutiert, ob moderne Verfahren wie die **Genschere (CRISPR/Cas)** unter das Moratorium fallen sollen oder ob für diese "neuen Züchtungstechnologien" Ausnahmen geschaffen werden, sofern sie ohne artfremdes Erbgut auskommen.



Eingriffe in das menschliche Erbgut sind verboten. Diskutiert:

Wo zieht man die Grenze?

Sollte es erlaubt sein, schwere Erbkrankheiten vor der Geburt zu korrigieren?

Wo beginnt das "Designer-Baby" und warum ist die Schweiz hier so streng?



Anwendungsgebiete Gentechnik

Arbeitsmaterial

Erlaubt oder verboten?



Entscheide anhand der Gesetzesübersicht, welche Aussagen unten korrekt sind und welche nicht.

	Erlaubt	Verboten	Kommentar / Begründung
Ein Forscher möchte ein Schaf klonen.			
Herstellung von Insulin/Interferon durch Bakterien im geschlossenen Tank.			
Anbau von gentechnisch verändertem Mais auf einem Feld.			
Eine Klinik bietet "Designer-Babys" an (Auswahl der Augenfarbe).			
Verkauf von US-Import-Schokolade mit GV-Sojalecithin (mit deutlichem Hinweis).			
Forscher verändern im Labor das Erbgut von Weizen, um Resistenzen zu testen.			
Eine Forscherin verändert Hefezellen, damit diese nach Vanille schmecken (im geschlossenen Labor).			
Ein Supermarkt verkauft Fleisch von Rindern aus Brasilien, die mit Gen-Mais gefüttert wurden.			
Ein Startup entwickelt eine leuchtende Zimmerpflanze durch Einfügen von Quallen-Genen für den Verkauf.			
Herstellung von Vitaminen für Limonade mithilfe von gentechnisch veränderten Mikroorganismen.			
Ein Privater kauft im Ausland Gen-Samen via Internet und sät diesen im eigenen Garten aus.			



Anwendungsgebiete Gentechnik

Lösungsvorschlag

Lösungsvorschlag

Wo steckt Gentechnik drin?

Themengebiet: Medizin

Mit der Gen-Schere (CRISPR) hofft man, Erbkrankheiten wie Sichelzellenanämie zu heilen.	Diabetiker nutzen Insulin, das von gentechnisch veränderten Bakterien produziert wird.	Gentechnik hat dazu geführt, dass wir keine Impfungen mehr brauchen.
---	--	--

Themengebiet: Landwirtschaft

In den USA werden Soja und Mais angebaut, die resistent gegen Schädlinge sind.	Dank Gentechnik ist die Ernte immer vor Hagel und schlechtem Wetter geschützt.	In der Schweiz gilt ein Moratorium: Bauern dürfen aktuell keine Gen-Pflanzen anbauen.
--	--	---

Themengebiet: Umwelt

Forscher entwickeln Bakterien, die Ölteppiche im Meer "fressen" können.	Man arbeitet an Plastik, das durch Enzyme biologisch abbaubar ist.	Gentechnik sorgt dafür, dass wir den Klimawandel einfach "wegzüchten" können.
---	--	---

Themengebiet: Lebensmittel

Der "Golden Rice" wurde mit Vitamin A angereichert, um Mangelernährung zu bekämpfen.	In der Schweiz müssen Gen-Lebensmittel im Supermarkt nicht gekennzeichnet werden.	Bei der Käseherstellung wird oft Labferment genutzt, das aus Gen-Mikroben stammt.
--	---	---



Anwendungsgebiete Gentechnik

Lösungsvorschlag

Glossar:

CRISPR-Methode

Eine moderne Technik (oft „Gen-Schere“ genannt), mit der die DNS an präzisen Stellen geschnitten und verändert werden kann, um Gene gezielt zu entfernen oder einzufügen.

Diabetes

Eine Stoffwechselkrankheit (Zuckerkrankheit), bei welcher der Körper kein oder zu wenig Insulin produziert. Gentechnisch hergestelltes Insulin wird heute weltweit zur Behandlung dieser Krankheit eingesetzt.

Insulin

Ein Hormon, das den Blutzuckerspiegel reguliert. Seit 1982 wird es gentechnisch mit Hilfe von Bakterien produziert, was die Behandlung für Millionen von Menschen sicherer gemacht hat.

Moratorium

Ein offizieller Aufschub oder ein vorläufiges Verbot. In der Schweiz bedeutet dies konkret, dass der Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen in der Landwirtschaft aktuell nicht erlaubt ist.

Enzyme

Biologische Werkzeuge (Proteine), die chemische Reaktionen beschleunigen oder ermöglichen. In der Gentechnik dienen sie als „Scheren“ (Restriktionsenzyme), um DNS zu schneiden, oder als „Kleber“ (Ligasen), um sie zu verbinden.

Labferment

Ein Stoff, der für die Käseherstellung wichtig ist, um Milch dickzulegen. Früher wurde es aus Kälbermägen gewonnen; heute wird ein grosser Teil davon mithilfe von gentechnisch veränderten Mikroorganismen hergestellt.

Die Genschere / Revolution durch CRISPR/Cas

Vervollständige die Analogie: CRISPR/Cas ist wie...

*CRISPR/Cas ist wie die **„Suchen-und-Ersetzen“-Funktion** in einem Textverarbeitungsprogramm.*

Erklärung: Während herkömmliche Restriktionsenzyme (die "biologische Schere") DNS an spezifischen, aber oft mehrfach vorkommenden Sequenzen schneiden, erlaubt CRISPR/Cas das punktgenaue Ansteuern einer einzigen, individuellen Textstelle (Gen-Sequenz) in der gigantischen Bibliothek des Erbguts.



Anwendungsgebiete Gentechnik

Lösungsvorschlag

Beurteile die folgenden Szenarien.

Szenario	Anwendung von CRISPR	Deine Einschätzung (Chance / Risiko?)
Medizin	Korrektur des Gens für Sichelzellenanämie direkt in den Blutstammzellen.	<p>Chance: Heilung einer schweren Erbkrankheit direkt an der Ursache.</p> <p>Risiko: Unvorhersehbare Langzeitfolgen oder ethische Bedenken bei einem (hier nicht vorliegenden) Eingriff in die Keimbahn.</p>
Landwirtschaft	Weizen so verändern, dass er resistent gegen Mehltau-Pilze ist, ohne Weizen-fremde Gene zu nutzen.	<p>Chance: Reduktion von Pestiziden und Sicherung der Ernten bei Klimaveränderungen.</p> <p>Risiko: Mögliche Auskreuzung in Wildpflanzen oder Skepsis der Konsumenten (Gentech-Moratorium).</p>
Artenschutz	Ausrottung von Malaria-Mücken durch gezielte Veränderung der Fortpflanzung (Gene Drive).	<p>Chance: Rettung von Millionen Menschenleben durch das Stoppen der Krankheitsübertragung.</p> <p>Risiko: Massive Eingriffe in das Ökosystem; unbekannte Folgen für die Nahrungskette.</p>

Das Problem der "Off-Target-Effekte"

Diskussion: Welche Folgen könnte ein solcher "Fehlschnitt" für einen Patienten haben?

Notiere deine Gedanken:

Gen-Deaktivierung: Ein wichtiges, gesundes Gen könnte versehentlich ausgeschaltet werden, wodurch dessen Funktion (z. B. Schutz vor Tumoren) verloren geht.

Krebsrisiko: Wenn der Schnitt in einem Bereich erfolgt, der das Zellwachstum reguliert, könnte die Zelle beginnen, sich unkontrolliert zu teilen (Entstehung von Krebs).

Funktionsverlust: Proteine könnten fehlerhaft produziert werden, was zu neuen Stoffwechselstörungen führen kann.

Didaktischer Hinweis fuer Lehrpersonen

Das Thema CRISPR/Cas eignet sich hervorragend als Überleitung zu den ethischen Aspekten der Gentechnik und dem Schweizer Gentechnikgesetz (GTG).

Besonders die Unterscheidung zwischen **somatischer Gentherapie** (erlaubt an Körperzellen) und **Keimbahninterventionen** (verboten bei Embryonen) kann hier vertieft werden.



Anwendungsgebiete Gentechnik

Lösungsvorschlag

Erlaubt oder verboten?

	Erlaubt	Verboten	Kommentar / Begründung
Ein Forscher möchte ein Schaf klonen.		X	<i>Schutz der Würde der Kreatur/Gentechnikgesetz</i>
Herstellung von Insulin/Interferon durch Bakterien im geschlossenen Tank.	X		<i>Anwendung im geschlossenen System zur Heilung</i>
Anbau von gentechnisch verändertem Mais auf einem Feld.		X	<i>Gentech-Moratorium seit 2005</i>
Eine Klinik bietet "Designer-Babys" an (Auswahl der Augenfarbe).		X	<i>Art. 119 Bundesverfassung: Verbot von Eingriffen ins Erbgut</i>
Verkauf von US-Import-Schokolade mit GV-Sojalecithin (mit deutlichem Hinweis).	X		<i>Kennzeichnungspflicht und Wahlfreiheit gewahrt</i>
Forscher verändern im Labor das Erbgut von Weizen, um Resistenzen zu testen.	X		<i>Forschung im geschlossenen System ist nicht vom Moratorium betroffen</i>
Eine Forscherin verändert Hefezellen, damit diese nach Vanille schmecken (im geschlossenen Labor).	X		<i>Forschung im geschlossenen System ohne Freisetzung.</i>
Ein Supermarkt verkauft Fleisch von Rindern aus Brasilien, die mit Gen-Mais gefüttert wurden.	X		<i>Futtermittelimporte sind unter Auflagen zulässig; das Fleisch selbst gilt nicht als GVO.</i>
Ein Startup entwickelt eine leuchtende Zimmerpflanze durch Einfügen von Quallen-Genen für den Verkauf.		X	<i>Inverkehrbringen von GVO-Zierpflanzen ist in der Schweiz extrem streng reglementiert (Vorsorgeprinzip).</i>
Herstellung von Vitaminen für Limonade mithilfe von gentechnisch veränderten Mikroorganismen.	X		<i>Solange das Endprodukt (Vitamin) rein ist und keine veränderten Organismen mehr enthält.</i>
Ein Privater kauft im Ausland Gen-Samen via Internet und sät diesen im eigenen Garten aus.		X	<i>Das Moratorium gilt für jegliche Freisetzung in der Umwelt, auch im privaten Garten.</i>