

## II.B.4.4

### Genetik – Angewandte Genetik

# CRISPR/Cas in der Pflanzenzucht – Arbeit mit dem Lerntagebuch

Finja Groll und Dr. Monika Pohlmann



© RAABE 2023

© wildpixel/iStock/Getty Images Plus

Im Fokus der Einheit steht das CRISPR/Cas-System und die aktuelle bioethische Diskussion, ob mit CRISPR/Cas editierte Pflanzen unter das Gentechnikgesetz fallen sollen. In diesem Kontext werden unterschiedliche Zuchtmethoden innerhalb eines Gruppenpuzzles verglichen. Den eigenen Lernzuwachs halten die Lernenden in ihrem Lerntagebuch fest.

#### KOMPETENZPROFIL

**Klassensstufe:** Biologie II

**Dauer:** 7 Unterrichtsstunden (Minimalplan: 5)

**Kompetenzen:** Die Lernenden ... 1. erläutern das CRISPR/Cas-System als Präzisionsinstrument der Gentechnik; 2. vergleichen Zuchtmethoden zum Resistenzerwerb bei Nutzpflanzen; 3. bewerten Chancen und Risiken gentechnisch veränderter Organismen in der Landwirtschaft; 4. diskutieren CRISPR/Cas als Therapieansatz der modernen Medizin

**Thematische Bereiche:** Molekularbiologie, Gentechnik, CRISPR, Pflanzenzucht

**Medienkompetenzen:** Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren (1); Kommunizieren und Kooperieren (2); Produzieren und Präsentieren (3); Problemlösen und Handeln (5); Reflektieren und ethisch Bewerten (6)

## Auf einen Blick

### 1. Stunde

**Thema:** Einführung in die Pflanzenzucht

**M 1** Wie können wir Äpfel vor „Apfelschorf“ schützen?

**Benötigt:**

- zwei Blätter Papier für die Positionslinie
- internetfähige Endgeräte für die Internetrecherche
- ggf. **ZM 1 Lerntagebuch** Vorlage



### 2./3. Stunde

**Thema:** CRISPR/Cas und andere Zuchtmethoden

**M 2** CRISPR/Cas revolutioniert die Gentechnik

**Benötigt:**  internetfähige Endgeräte für die YouTube-Videos

**M 3** Vergleich von Zuchtmethoden – Gruppe



### 4./5. Stunde

**Thema:** Mehrperspektivische Diskussion – Ethik

**M 4** Podiumsdiskussion – CRISPR/Cas Pflanzen?

**Benötigt:**  ggf. **ZM 2 ethischer Exkurs**



### 6./7. Stunde

**Thema:** Heilung von Krebs durch Genom-Editierung?

**M 5** Joule und Charpentier – Chemie-Nobelpreis 2020

**M 6** Ergebnisicherung und Lernerfolgskontrolle

### Lösungen

Die Lösungen zu den Materialien finden Sie ab Seite 27.

### Minimalplan

Bei Zeitmangel können einige Materialien übersprungen oder verkürzt durchgenommen werden. In **M 1** wird der Lebenszyklus des parasitären Pilzes *Venturia inaequalis* verkürzt innerhalb eines Vortrags der Lernkraft dargestellt werden. Wenn den Lernenden das CRISPR/Cas-System bereits gut bekannt ist, kann **M 2** entfallen. Die Podiumsdiskussion kann innerhalb einer Unterrichtsstunde durchgeführt werden. Die Ergebnissicherung und Lernerfolgskontrolle **M 6** kann ebenfalls entfallen oder als Zusatzaufgabe genutzt werden.

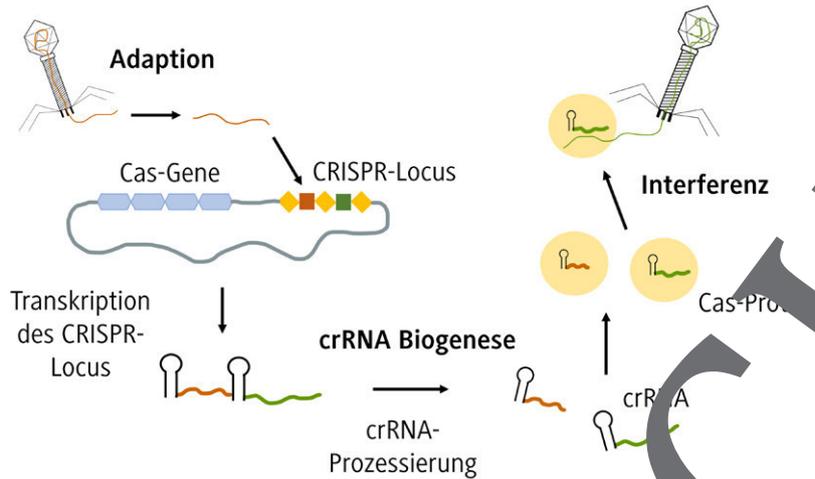


Abbildung 1: Anpassungsfähiges Immunsystem der Bakterien (und Archaeen)

**B: Von Bakterien lernen! – CRISPR/Cas als Präzisionswerkzeug in der Gentechnik**

Das bakterielle Abwehrsystem kann als Instrument der Biotechnologie eingesetzt werden, um DNA an einer beliebigen Stelle exakt zu schneiden. Die Gentechnik, die das CRISPR/Cas-System auch genannt wird, funktioniert nicht nur in Bakterien, sondern auch in Pflanzen, Tieren und Menschen. Ein Gen wird mit CRISPR/Cas gezielt verändert, indem im Labor ein spezifisches RNA-Molekül entwickelt wird, das komplementär zu dem Abschnitt der DNA ist, der bearbeitet werden soll. Diese Guide-RNA (gRNA) leitet das Cas-Protein punktgenau an die ausgewählte Stelle und schneidet dort die DNA. Die dabei entstehenden Lücken in der DNA werden durch die Zelle repariert. Dabei werden sie entweder direkt wieder miteinander verbunden, ohne dass Erbmaterial dazwischen eingesetzt wird, oder es wird ein definiertes DNA-Abschnitt in die Schnittstelle eingebracht. Im ersten Fall kommt es zu Mutationen der ursprünglichen Sequenz, da die Reparatur meist fehlerhaft abläuft. Meist wird dabei nur eine einzige Base verändert. Es erfolgt damit eine Punktmutation, wie sie in der Natur laufend vorkommt. Das Ergebnis eines solchen DNA-Schnitts beschreiben Wissenschaftler als „Non-homologous-End-Joining“ (NHEJ). Es unterscheidet sich weder chemisch noch biologisch von Naturereignissen. Die Folge einer solchen Punktmutation durch NHEJ ist ein funktionloses Gen, was auch als „Knock-Out“ bezeichnet wird. Wird gezielt fremde DNA in die Lücke eingefügt, wird der Mechanismus „Homology-dependent Repair“ (HDR) genannt.

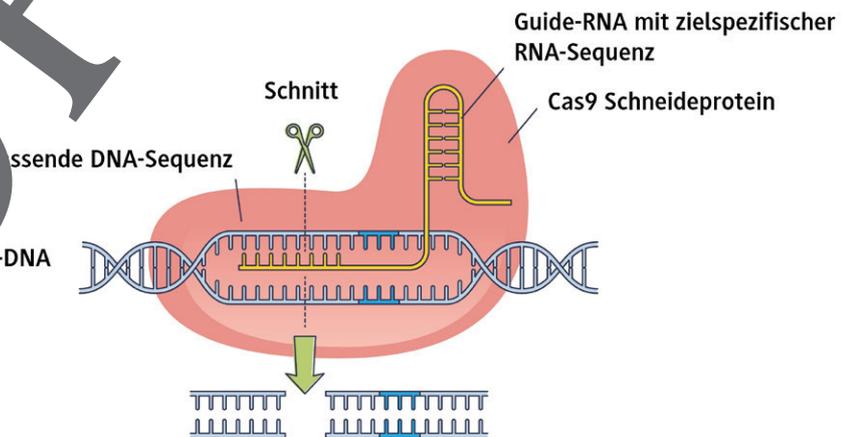
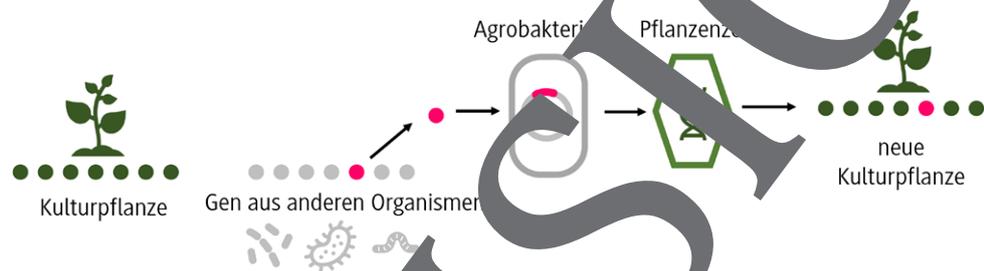


Abbildung 2: CRISPR/Cas9, Präzisionswerkzeug der Gentechnik

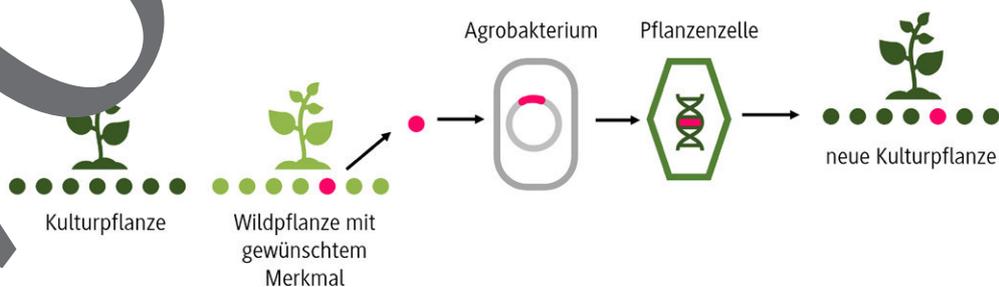
### Thema 3: Klassische Gentechnik

Diese Methode bedient sich eines bekannten Resistenzgens, das aus jedem beliebigen Organismus stammen kann. Es gibt verschiedene Verfahren, das Gen in das Erbgut einer Kulturpflanze einzuführen. Damit das Gen am fremden Ort wirksam ist, müssen in der Regel Markergene und Promotoren zusammen mit dem Zielgen eingeschleust werden. Fehlen im Genpool einer Kulturpflanze geeignete Resistenzgene, bietet die Gentechnik oft die einzige Möglichkeit, wirksame Resistenzgene Kulturpflanzen zu übertragen. In der Regel sind beim Einbau des fremden Gens weder die Stelle im Genom noch die Anzahl der Kopien zu kontrollieren. Meist sind mehrere Transformationen nötig, um eine Pflanze mit den gewünschten Merkmalen zu erhalten. Für gentechnisch veränderte Pflanzen (GVOs) gibt es weltweit besondere Bestimmungen. Für eine Erlaubnis müssen die HerstellerInnen die Sicherheit ihrer Produkte nachweisen und eine Zulassung erwirken. In der EU sind aus genehmigten GMOs hergestellte Lebensmittel kennzeichnungspflichtig.



### Thema 4: Cisgenetik

Voraussetzung für den Erfolg dieser Methode ist, dass es eine artverwandte und kreuzbare Pflanze mit dem gewünschten Resistenzgen gibt. Das Resistenzgen wird isoliert und mit gentechnischen Verfahren, beispielsweise einer Transformation mittels Agrobakterium, direkt in das Genom der Kulturpflanze eingeführt. Die Kulturpflanze enthält somit Erbgut aus dem Genpool der eigenen Art. Allerdings ist es nicht steuerbar, an welcher Stelle im Genom der Pflanze das Gen eingebaut wird. Theoretisch könnten dadurch vorhandene Gene in ihrer Funktion beeinträchtigt werden. Sind aus technischen Gründen artfremde Gene (z. B. Markergene) erforderlich, werden diese im Anschluss aus der Pflanze entfernt. Das Ergebnis eines solchen gentechnischen Eingriffs ist eine Pflanze mit artspäcifischem Resistenzgen. Das Resultat unterscheidet sich daher nicht von dem der klassischen Züchtung, wenn die Genetik funktioniert allerdings deutlich schneller und präziser. Die erwünschten Anbau- und Produktionsmerkmale der Pflanze bleiben erhalten. Aufwendige Rückkreuzungsprogramme sind nicht erforderlich. Für Pflanzen, die mit Cisgenetik erzeugt wurden, gelten hinsichtlich Zulassung und Kennzeichnung dieselben Vorschriften wie für GMO-Pflanzen.



## Doudna und Charpentier – Chemie-Nobelpreis 2020

M 5



© picture alliance/ASSOCIATED PRESS/Miho Ikeya

## Aufgaben

1. **Bearbeiten** Sie zu zweit pro Person einen Zeitungsartikel, indem Sie die wesentlichen Informationen notieren.
2. **Diskutieren** Sie zu zweit, ob Sie Ihr Urteil über die Anwendung des genetischen Werkzeugs CRISPR/Cas im Obstbau und in der Landwirtschaft auch auf andere Anwendungsgebiete übertragen würden.
3. **Sammeln** Sie zu zweit Pro- und Kontra-Argumente zum Einsatz der CRISPR/Cas-Technik in der Keimbahntherapie. **Tauschen** Sie sich mit der gesamten Klasse **aus** und **erstellen** Sie eine Liste der Argumente.
4. **Wählen** Sie drei Argumente **aus**, die Sie besonders überzeugend finden. **Bereiten** Sie ein mündliches Plädoyer **vor**, was Ihre Haltung zur Keimbahntherapie mithilfe des CRISPR/Cas-Systems zum Ausdruck bringt.
5. **Vervollständigen** Sie Ihr Lerntagebuch. **Fassen** Sie in etwa 5 knappen Sätzen Ihren Lernzugewinn zum Thema zusammen. **Erläutern** Sie begründend, ob das Lerntagebuch Ihren Lernprozess unterstützt und Ihren Lernerfolg verbessert hat.



# Sie wollen mehr für Ihr Fach?

## Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



✓ **Über 5.000 Unterrichtseinheiten**  
sofort zum Download verfügbar

✓ **Webinare und Videos**  
für Ihre fachliche und  
persönliche Weiterbildung

✓ **Attraktive Vergünstigungen**  
für Referendar:innen  
mit bis zu 15% Rabatt

✓ **Käuferschutz**  
mit Trusted Shops

Jetzt entdecken:  
**www.raabe.de**

