

# CRISPR/Cas9: Vom Fachwissen zum Bewerten

## Eine Unterrichtseinheit für die Jahrgangstufe 12/13

Laura Christ<sup>1</sup>, Iryna Charapitsa<sup>2,3</sup>, Ralf Dahm<sup>2</sup> & Daniel Dreesmann<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Institut für Organismische und Molekulare Evolutionsbiologie, Didaktik der Biologie; <sup>2</sup>Institut für Molekulare Biologie gGmbH (IMB); <sup>3</sup>Phenex Pharmaceuticals AG, Heidelberg, Germany. E-Mail: laura.christ@uni-mainz.de

Das CRISPR/Cas9-System hat aufgrund der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten zu einer breiten öffentlichen Debatte geführt und ist aus dem heutigen Dialog von Biologen, Biotechnologen, Medizinern und Agrarwissenschaftlern nicht mehr wegzudenken. Um Schülerinnen und Schülern höherer Jahrgangsstufen näherzubringen, was sich hinter dieser scheinbar genialen Methode der Gentechnik verbirgt, wird in diesem Artikel eine erprobte Unterrichtseinheit vorgestellt. In dieser Einheit soll nicht nur die Funktionsweise des CRISPR/Cas9-Systems erarbeitet werden. Sie soll auch den aktuellen Forschungsstand sowie eine eigene ethische Bewertung dieses Verfahrens vermitteln.

**Stichwörter:** CRISPR/Cas9, Gene-Editing, Bioethik, Genschere, Bewertung

## 1 Relevanz für den Schulunterricht

### 1.1 Thematische Relevanz

Die CRISPR/Cas9-Methode hat seit ihrer Entdeckung im Jahr 2012 immer mehr Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Spätestens seit der Verkündung in der Tagesschau von durch CRISPR/Cas9 genetisch veränderten Babys in China Ende 2018, ist das Thema in vielen Medien präsent und verlangen eine kritische Auseinandersetzung mit dem Umgang der Methode und ethischen Fragen. Gerade diese Aktualität und Alltagspräsenz erfordern es, die neue Technik den Schülerinnen und Schülern im Unterricht zu vermitteln. Dabei werden neben der Funktionsweise des CRISPR/Cas9-Systems die Vermittlung des Forschungsstandes sowie die eigene ethische Bewertung eines solchen Verfahrens fokussiert. Des Weiteren decken die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten die Bereiche ab, die die Schülerinnen und Schüler beschäftigen und denen sie in ihrem Alltag begegnen. So rücken neben der Anwendung an menschlichen Zellen, die Anwendungen an Nahrungsmitteln und Tieren ins Zentrum. Auch die Zukunftsperspektive der Methode zeigt, wie wichtig es ist, dass jeder darüber aufgeklärt werden sollte, um sich eine eigene fundierte Meinung bilden zu können. Denn die Zukunft der Schülerinnen und Schüler wird sehr wahrscheinlich durch

CRISPR/Cas geprägt sein (vgl. Pul et al. 2016). Abgesehen davon kann ein solches Thema alternativ oder ergänzend zu bisherigen Gentechnik-Methoden im Schulunterricht behandelt werden. Bereits vorhandenes Wissen über molekularbiologische Abläufe und die Zytogenetik kann dadurch überprüft und vertieft werden. So kann bspw. der Ablauf der Präimplantationsdiagnostik in den Vergleich und in die Bewertung des Einsatzes von CRISPR/Cas9 bei Embryonen oder Keimbahnzellen einfließen und das Meinungsbild der Lernenden erweitern.

## 1.2 Einbettung in den Lehrplan

Die durchzuführende Unterrichtseinheit zum Thema „CRISPR/Cas9: Fluch und/oder Segen?“ wurde im Kontext des rheinland-pfälzischen Lehrplans des Biologieunterrichts der Sekundarstufe II entwickelt und erprobt. Als Baustein passt sie – exemplarisch für den Lehrplan RLP- in Leitthema 5 „Vererbung und Selbstorganisation lebender Systeme“ zeitlich in die Jahrgangsstufe 12/2 oder 13/1 (vgl. MBWW 1998, S. 37). Die Unterrichtseinheit ist für einen Biologie-Leistungskurs mit insgesamt 9 Unterrichtsstunden angesetzt und erfordert so eine Kombination des Pflichtbausteins „Gentechnologie“ und des Wahlpflichtbausteins „Ethik und Technik“ (vgl. ebd.). Durch die späte zeitliche Einordnung kann davon ausgegangen werden, dass die Schülerinnen und Schüler bereits über die genetischen Grundlagenkenntnisse rund um die Cytogenetik, die Grundlagen der Entwicklung sowie der Molekulargenetik informiert sind. Auch wäre es hilfreich, wenn in einem ersten Teil der Gentechnologie bereits in einem Umfang von ca. 6 Stunden ein allgemeiner Einblick in die Gentechnik geschaffen wird, in dem bspw. gentechnische Arbeitsweisen und mögliche Anwendungsbereiche der Gentechnik vorgestellt und bearbeitet werden. So kann daran anschließend eine weitere Methode, in diesem Fall CRISPR/Cas9, vorgestellt und ausführlich mit der Lerngruppe bearbeitet werden. Hierbei ist vorgesehen, dass nach der Erarbeitung der generellen Funktionsweise, der Verwendungsweise in der Gentechnik und möglicher Anwendungen der CRISPR/Cas9-Technik die ethische Beurteilung des Verfahrens in das Zentrum des Unterrichtsgeschehens rückt, indem Nutzen und möglicher Missbrauch aufgezeigt werden, die die Bewertung des Systems beeinflussen. Da in einem Grundkurs weniger Stunden zur Verfügung stehen, ist es möglich, einige Phase der Unterrichtseinheit zu kürzen, um so zügiger zu der ethischen Bewertung zu gelangen.

Tabelle 1: Lehrplanbezug (RLP) der Unterrichtsreihe

### Sekundarstufe II

Leitthema 5: „Vererbung und Selbstorganisation lebender Systeme“

Pflichtbaustein: „Gentechnologie“

Wahlpflichtbaustein: „Ethik und Technik“

## 1.3 Naturwissenschaftliche Kompetenzorientierung

Die Unterrichtsreihe wurde mit einem fächerüberschreitenden Bezug zum Unterrichtsfach Ethik konzipiert. Im Zentrum stehen dabei sowohl das Aneignen von biologischem Fachwissen als auch eine anschließende, darauf aufbauende ethische Auseinandersetzung mit der Thematik. So lassen sich durch fächerüberschreitenden Unterricht nicht nur Inhalte vernetzen und Lernprozesse unterstützen, sondern es werden außerdem überfachliche Kompetenzen gefördert wie Kooperationsbereitschaft und Problemlösefähigkeit (vgl. Labudde 2014). Zur Entwicklung einer ethischen Urteilsfähigkeit wird an dieser Stelle außerdem der Kompetenzbereich *Bewertung* der KMK-Bildungsstandards (2004) fokussiert. Ziel dabei soll sein, dass die Schülerinnen und Schüler Verständnis für Entscheidungen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung entfalten und nach der Erarbeitung neuer Sachverhalte eine Bewertungskompetenz entwickeln, um sich anschließend am gesellschaftlich geführten Diskurs beteiligen zu können (vgl. Hößle 2007, S. 112). Die vorangegangene Beschäftigung mit neuen Sachverhalten gewährleistet dabei eine differenzierte ethische Auseinandersetzung auf der Basis von angeeignetem Fachwissen. Besonders kontroverse Themen wie die Veränderung von Erbinformationen mit CRISPR/Cas9 fordern die Lernenden dabei heraus, sich mit der eigenen Urteilsbildung auseinanderzusetzen.

## 2 Übersicht der Unterrichtseinheit

In Tabelle 2 ist die Unterrichtseinheit mit grober Inhaltangabe sowie den verwendeten Medien und Methoden dargestellt. Genauere Angaben zur Durchführung (Anzahl der Unterrichtsstunden, Auswahl der Methoden, etc.) finden sich im Zusatzmaterial (Lehrerhandreichung).

Ziel der Einheit soll sein, dass die Schülerinnen und Schüler die Funktionsweise von CRISPR/Cas9 als *Genome Editing*-Verfahren erklären und das Verfahren ethisch bewerten können. Dieses Ziel soll über aufeinander aufbauende und miteinander verknüpfte Stundeninhalte der Einheit erreicht werden. Dazu sollen sich die Lernenden zuerst mit der Herkunft des CRISPR/Cas9-Systems vertraut machen, um in den darauffolgenden Unterrichtsstunden das Gentechnik-Verfahren von CRISPR/Cas9 kennenzulernen. Dafür wird mithilfe eines Films das Arbeiten mit CRISPR/Cas9 im Labor vorgestellt, um so die wichtigsten Schritte und benötigten Komponenten zu erarbeiten und in Beziehung zueinander zu setzen. Anschließend sollen die Schülerinnen und Schüler ein eigenes Erklär-Video erstellen, um die Arbeitsweise von CRISPR/Cas9 zu erörtern. In den folgenden Stunden sollen die erworbenen Kenntnisse mithilfe von Forschungsständen verschiedener Anwendungsbereiche gefestigt und diskutiert werden. Die Einheit endet mit einer ethischen Diskussion, in der die Lernenden vorgefertigte Positionen vertreten, um abschließend zu einer eigenen fundierten Meinung zu gelangen. Zur Kürzung der Einheit könnte auf die eigene Filmerstellung der Lerngruppe verzichtet werden. Eine weitere Möglichkeit wäre, die Herkunft des CRISPR/Cas9-Systems weniger ausführlich zu behandeln, wodurch mindestens zwei Schulstunden eingespart werden könnten.

Tabelle 2: Unterrichtseinheit im Überblick

Einheit	Stundentitel	Inhalt	Medien / Methoden
1	Was ist CRISPR/Cas9?	CRISPR/Cas9 als Abwehrmechanismus von Bakterien gegenüber Viren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überschriften zu CRISPR/Cas9</li> <li>• Film „CRISPR/Cas9 im Genlabor“</li> <li>• AB</li> </ul>
2	CRISPR/Cas9 in der Gentechnik	Übertragung der Arbeiten im Labor auf molekulare Ebene Eigene Filmerstellung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Film „CRISPR/Cas9 im Genlabor“</li> <li>• Erklär-Video-Erstellung (GA) mit Tablets und Materialien</li> </ul>
3	Anwendungsbereiche von CRISPR/Cas9	Erarbeitung der Anwendungsbereiche von CRISPR: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiere</li> <li>- Lebensmittelproduktion/ Nutzpflanzen</li> <li>- Menschen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ABs (Arbeitsteilige GA)</li> <li>• Poster-Erstellung</li> </ul>
4	Ethische Bewertung	Fishbowl-Diskussion Eigene Beurteilung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interviews (GA)</li> <li>• Fishbowl-Diskussion</li> </ul>

## 2.1 Einheit 1: Was ist CRISPR/Cas9?

In der ersten Unterrichtsstunde soll der Fokus auf die Herkunft der CRISPR/Cas9-Technik gelegt werden. Nach einer gemeinsamen Sammlung des Vorwissens der Schülerinnen und Schüler wird ein kurzer Teil des Films „CRISPR/Cas9 im Genlabor“ vorgespielt. Nachdem die Begriffe „CRISPR“ und „Cas9“ gemeinsam definiert wurden, erarbeiten die Lernenden im weiteren Verlauf den zugrundeliegenden Abwehrmechanismus des CRISPR/Cas9-Systems.

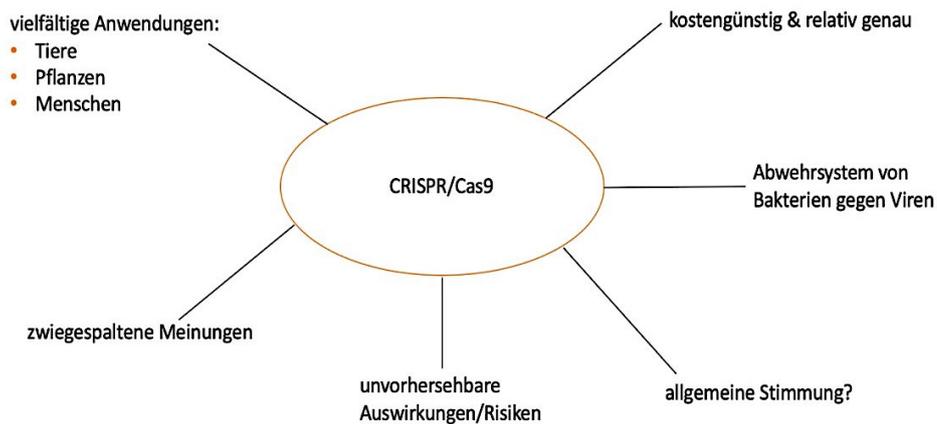


Abbildung 1: Mögliche Sammlung zum Thema der Unterrichtseinheit

## 2.2 Einheit 2: CRISPR/Cas9 in der Gentechnik

In den folgenden Unterrichtsstunden sollen zum einen der Film „CRISPR/Cas9 im Genlabor“ zum anderen die eigene Filmerstellung der Schülerinnen und Schüler im Zentrum des Unterrichtsgeschehens stehen. Der Film wird dazu genutzt, um den Lernenden einen wirklichen und realistischen Eindruck von der alltäglichen Arbeit mit CRISPR/Cas9, dessen ursprüngliche Funktionsweise sie in der vorherigen Stunde kennengelernt haben, im Labor zu geben und erklärt die wichtigsten Schritte der Vorgehensweise bei der Verwendung von CRISPR/Cas9. Nach der Erarbeitung der Arbeitsschritte sollen die Schülerinnen und Schüler eigene stumme Erklär-Videos erstellen, in denen sie die CRISPR/Cas9-Technologie auf molekularer Ebene erklären. Der Film kann online in drei Versionen abgerufen werden:

Tabelle 3: Online-Links des Videos "CRISPR/Cas9 im Genlabor"

Originalversion	<a href="https://youtu.be/dk1WzJfwkUA">https://youtu.be/dk1WzJfwkUA</a>
Version mit deutschen Ergänzungen	<a href="https://youtu.be/X-jj8Zyx5pU">https://youtu.be/X-jj8Zyx5pU</a>
Version mit englischen Ergänzungen	<a href="https://youtu.be/eqiFxngZIHY">https://youtu.be/eqiFxngZIHY</a>



Abbildung 2: Ausschnitt aus dem Film "CRISPR/Cas9 im Genlabor".

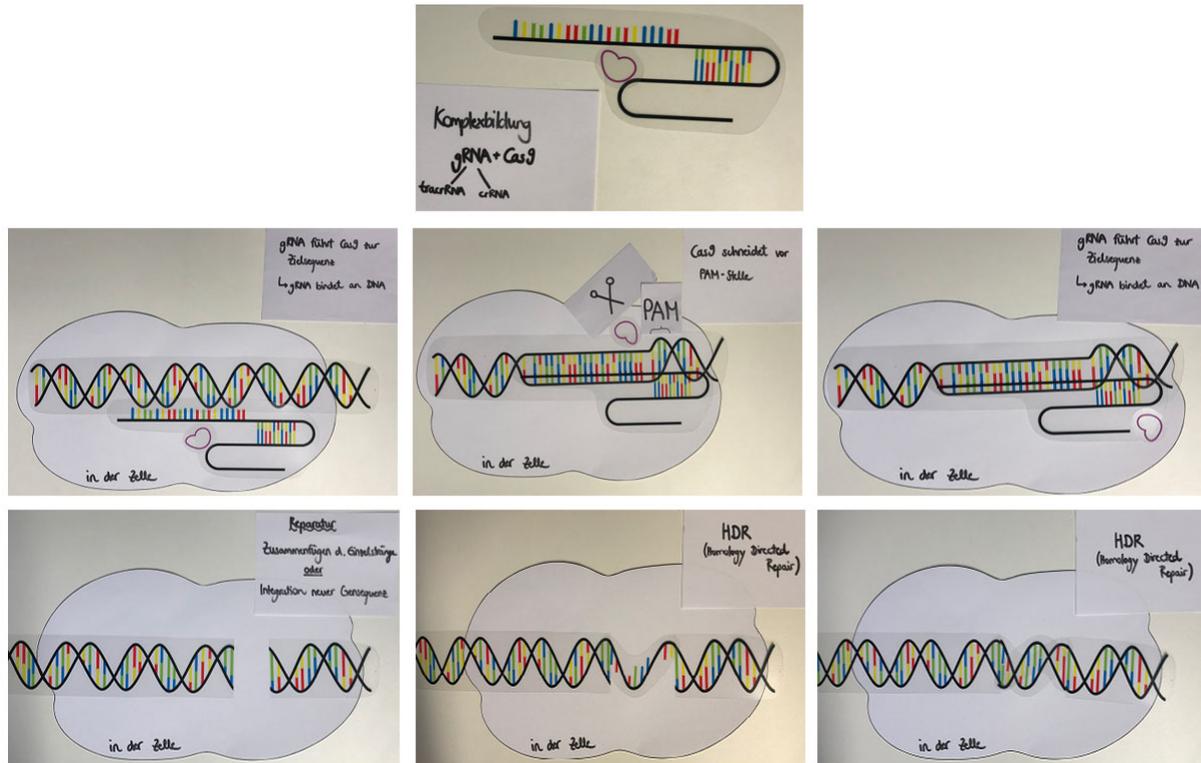


Abbildung 3: Screenshots eines beispielhaften Erklär-Videos, das im Rahmen der Erprobung entstanden ist.

### 2.3 Einheit 3: Anwendungsbereiche von CRISPR/Cas9

Nachdem sich die Schülerinnen und Schüler ausführlich mit der Funktionsweise von CRISPR/Cas9 und dessen Einsatz in der Gentechnik beschäftigt haben, sollen sie den aktuellen Forschungsstand der verschiedenen Anwendungsbereiche „Lebensmittelproduktion/Pflanzen“, „Tiere“ und „Menschen“ kennenlernen und ihre erarbeiteten Informationen über die Funktionsweise sowie Chancen und Risiken des Verfahrens in dem jeweiligen Bereich vorstellen.

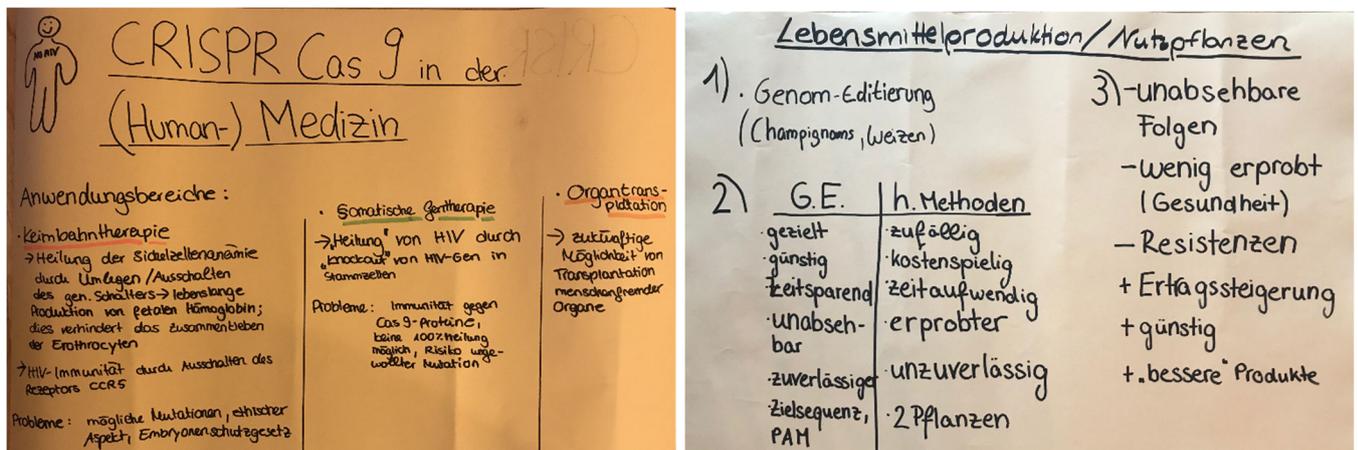


Abbildung 4: Arbeitsergebnisse der Erarbeitung verschiedener Anwendungsbereiche.

## 2.4 Einheit 4: Ethische Bewertung

Durch die intensive Auseinandersetzung mit der CRISPR/Cas9-Methode, den möglichen Anwendungen, sowie ihren Chancen und Risiken ist das Ziel der letzten Unterrichtseinheit das Verfahren ethisch zu bewerten. Dafür wird eine Fishbowl-Diskussion mit folgendem Thema durchgeführt: *„Das Designerbaby im Gewand der Heilung“*. *Wie wollen wir in Zukunft mit dem menschlichen Genom umgehen? Welche Arten der Anwendungen von CRISPR/Cas9 sind rechtlich möglich und ethisch vertretbar?* Dazu werden von den Schülerinnen und Schülern vorgegebene Rollen mit Hilfe von wirklichen Interviews erarbeitet und anschließend in der Diskussionsrunde eingenommen. Zusätzlich dazu wird die Lerngruppe angeregt, eigene Gedanken in die Diskussion einzubringen.

## 3 Literaturverzeichnis

Cathomen, T. & Puchta, H. [Hrsg.] (2018): CRISPR/Cas9 – Einschneidende Revolution in der Gentechnik, Berlin: Springer.

Hößle, C. (2007): Ethische Bewertungskompetenz im Biologieunterricht. In: Jahnke-Klein, S.; Kiper, H. & Freisel, L. [Hrsg.]: *Gymnasium heute. Zwischen Elitebildung und Forderung der Vielen*. Hohengehren: Schneider, S. 111-129.

KMK (2004): Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung – Biologie. [online] [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/1989/1989\\_12\\_01-EPA-Biologie.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/1989/1989_12_01-EPA-Biologie.pdf) [30.03.2019].

Labudde, P. (2014): Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht – Mythen, Definitionen, Fakten. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 20/1, S. 11-19.

Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Weiterbildung Rheinland-Pfalz [Hrsg.] (1998): *Lehrplan Biologie. Grund- und Leistungsfach, Jahrgangsstufen 11-13 der gymnasialen Oberstufe*. Mainz.

Pul, Ü.; Mampel, J.; Zurek, C. & Krohn, M. (2016): Genomeditierung. CRISPR in der biotechnologischen Forschung und Entwicklung. In: *BIOspektrum*, Vol. 22, Issue 1, S. 62-64.

Tagesschau (2018): *Forschung in China. Genmanipulierte Babys geboren?* [online] <https://www.tagesschau.de/ausland/babys-geklont-101.html> [22.02.2019].

### Dank

Wir danken Schülerinnen und Schülern und ihren Lehrkräften für die Mitwirkung in diesem Projekt.