

## Jugendliche bewerten die Möglichkeiten der Genom- Editierung – Eine Interventionsstudie

Laura Maria Heinisch<sup>1</sup>, Corinna Hößle<sup>1</sup>, Ulrike-Marie Krause<sup>2</sup>  
& Wiebke Rathje<sup>1</sup>

laura.maria.heinisch@uni-oldenburg.de – corinna.hoessle@uni-oldenburg.de –  
ulrike.krause@uni-oldenburg.de – wiebke.rathje@uni-oldenburg.de

<sup>1</sup>Institut für Biologie und Umweltwissenschaften,  
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11, 26129 Oldenburg

<sup>2</sup>Institut für Pädagogik (empirische Bildungsforschung),  
Ammerländer Heerstraße 114-118, 26129 Oldenburg

---

### **Zusammenfassung**

*Die Methode CRISPR/Cas9 wird als eine der größten Entdeckungen in der Molekularbiologie seit der Polymerase-Kettenreaktion gefeiert. Neben der Euphorie über die vielen Möglichkeiten der Genom-Editierung regen sich auch kritische Stimmen und erheben ethische Bedenken. Die Genom-Editierung hat eine lebhafte öffentliche Debatte über ihre ethische Vertretbarkeit in Gang gesetzt. Um im Biologieunterricht solche aktuellen Themen aufgreifen zu können, wurde die Bewertung ethischer Konflikte im Zuge der Bildungsstandards 2004 fest in die naturwissenschaftlichen Curricula integriert. In der dargestellten Studie, finanziert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), wird eine Intervention zur Bewertungskompetenz mit dem Kontextthema Genom-Editierung am Beispiel der menschlichen Keimbahntherapie im Biologieunterricht getestet. Bei dieser Studie handelt es sich um die Pilotierungsstudie der Intervention. Dazu wurde die Bewertungskompetenz von Schülern der 11. Jahrgangsstufe (N = 23) mit einem Paper-Pencil-Test mit offenen und halbgeschlossenen Fragen in einem Prä-Post-Test-Design erhoben. Als Grundlage für die Studie wurden das Oldenburger Modell der Bewertungskompetenz und der sechs Schritt der moralischen Urteilsbildung genutzt. Es konnte festgestellt werden, dass die Niveaustufen in den Teilkompetenzen Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz, Perspektivwechsel und Folgenreflexion nur gering verbessert werden konnten. Die Niveaustufen der Kompetenz des Beurteilens und des Urteilens konnte deutlich verbessert werden.*

### **Abstract**

*The CRISPR/Cas9 technology is proclaimed as one of the greatest innovations in molecular biology since polymerase chain reaction. Contrasting with the euphoria about versatile possibilities, critical voices about ethical considerations are also raised. Genome editing has triggered a lively public debate about its ethical tenability, in which adolescents ought to take part, especially since they might make use of this technology in future. To facilitate participation of adolescents in public debates, decision-making is established as a part of the natural science-education curriculum in Germany. An intervention to promote decision-making competence with context of genome editing in biology lessons is tested. This study is a pilot testing study to test the intervention. In a survey financed by the federal ministry for education and research (BMBF) with paper-pencil-test including opened and half-opened questions in a pre-post-test design in 11. class grade (N = 23) the intervention is proved. For analysing data the Oldenburg model of decision-making competences and the six steps to moral judgment are used. The levels in the subcompetences perception and awareness of moral relevance, change of perspective and reflection on consequences are improved a little by the intervention. The levels in the competences of assessment and judgment are improved meaningfully.*

## **1 Einleitung**

*„[...] [Es] besteht der Anspruch, im Biologieunterricht über die sachliche Beurteilung von naturwissenschaftlichen Aussagen hinauszugehen. Um den genannten Zielen gerecht werden zu können, ist eine Urteilsfähigkeit notwendig, die Bewerten – Urteilen – Entscheiden als entscheidende Kompetenzen einschließt. [...] Immer geht es dabei um die Frage, ob das, was getan werden kann, auch getan werden soll [...].“ (BÖGEHOLZ et al., 2004, S. 89)*

Diese zentrale Frage wird häufig in unterschiedlichen Zusammenhängen aufgeworfen und gilt es auch in Bezug auf die Genom-Editierung zu diskutieren. Die Entwicklung neuer Biotechnologien erfordert die ethische Reflexion ihrer Chancen und Risiken mit dem Ziel eines gesellschaftlichen Konsenses. Gleichzeitig aktivieren insbesondere Methoden der Gentechnik eine Fülle von Vorstellungen zu Genetik und Medizin, aber auch Phantasien und Intuitionen zu Schöpfung, Natur und Leben (GEBHARD, 2009). Viele Filme und Bücher des Science-Fiction Genres behandeln Folgen eines achtlosen Umgangs mit neuen Technologien und Therapien zur Anwendung am Menschen. Hier wird neben dem „Gott spielen“ auch von der Optimierung des Menschen gesprochen (KASS, 2003). Häufig wird diese „Optimierungssucht“ in den Populärmedien aufgegriffen und überspitzt dargestellt, um kritische Gesichtspunkte anzusprechen und zum Nachdenken über die gestellte Frage im eingangs erwähnten Zitat anzuregen. Auch wenn die Forschung mit diesen neuen Technologien in erster Linie Ziele verfolgt, schwere Krankheiten zu heilen, wird eine Reihe ethischer Fragen aufgeworfen. Der Biologieunterricht steht hier in

der Verantwortung diese ebenfalls zu thematisieren. Die KMK (2004) fordert im Fach Biologie im Bereich der Bewertung unter anderem das Erschließen neuer Sachverhalte in Anwendungsgebieten der modernen Biologie, um die Schülerinnen und Schüler<sup>1</sup> auf die Teilnahme an gesellschaftlich kontrovers geführten Diskursen vorzubereiten. Dazu sollten ethische Grundlagen vermittelt werden und diese exemplarisch beispielsweise an Themen wie der genetischen Veränderung des Menschen oder der Forschung an Embryonen thematisiert werden (KMK, 2004). Allerdings hat sich in früheren Studien gezeigt, dass die Bewertungskompetenz bei Schülern weniger ausdifferenziert ist, als von der KMK gefordert (REITSCHERT & HÖBLE, 2006; MITTELSTEN SCHEID & HÖBLE, 2007).

Bei der Thematisierung der Forschung an Embryonen und der genetischen Veränderung von Menschen steht das Abwägen von Chancen und Risiken im Vordergrund. So wird bei der Anwendung der Methode CRISPR/Cas9 unter anderem die Ausrottung der Anopheles-Mücke, die als Überträgerin von Malaria gilt, die Bekämpfung des Welthungers durch neue stressresistente Kulturpflanzen, den Einsatz der Methode als biologische Waffe, der Heilung von genetisch bedingten Krankheiten bis hin zur Kreierung von Designer-Menschen diskutiert (BALTIMORE et al., 2015; LEDFORD, 2015). Nicht nur aufgrund ihrer Aktualität und der Vielzahl an Anknüpfungspunkten eignet sich die Genom-Editierung für den Unterricht zur Förderung der Bewertungskompetenz. Viel mehr gibt es wenige neue Technologien, die aufgrund ihrer weitreichenden Möglichkeiten so ambivalent gesehen werden wie die Genom-Editierung (LEDFORD, 2015). Ziel der darzustellenden Studie ist es, zu erfassen, wie eine Intervention zur Förderung der Bewertungskompetenz am Kontextthema der Genom-Editierung eben diese Kompetenz fördern kann.

## 2 Theorie

### 2.1 Genom-Editierung als aktuelles Kontextthema

Seit im Jahr 2012 die Wissenschaftlergruppen um Emanuelle Charpentier und Jennifer Doudna einen genetischen Mechanismus entdeckten, der es ermöglicht, das Genom von Menschen, Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen auf einfache und präzise Weise zu verändern, wird dieser als „mächtigstes Werkzeug“ in der Gentechnik gehandelt. Das als *CRISPR/Cas9 (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats/CRISPR associated Protein 9)* bezeichnete molekulargenetische System stammt ursprünglich aus Bakterien und Archeen (JINEK et al., 2012). Bereits 1987 wurde das System zum ersten Mal beschrieben

---

<sup>1</sup> Im Folgenden wird aus Gründen der Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet.

(ISHINO et al., 1987). Allerdings wurde dessen genauer Mechanismus, welcher einem bakteriellen adaptiven Immunsystem gleichkommt, erst 30 Jahre später entdeckt (BARRANGOU et al., 2007). 2012 konnten JINEK et al. zudem zeigen, dass in dieses CRISPR/Cas9 System jede beliebige RNA eingesetzt werden kann und das molekulargenetische System somit in die Lage versetzt werden kann, jede gewünschte Gensequenz in jedem beliebigen Zelltyp zu finden und zu schneiden. Als Antwort auf einen DNA-Doppelstrangbruch werden zelleigene Mechanismen aktiv, um die geschnittene DNA wieder zu reparieren. Dabei können Deletionen, Insertionen oder ganze DNA-Abschnitte eingefügt werden. Diese einfache Anwendung von CRISPR/Cas9 stellt ebenso wie deren multiple Einsatzmöglichkeiten einen wichtigen Punkt in der Debatte über die Verwendung von CRISPR/Cas9 dar (PORTEUS, 2016).

Im Bereich der Gentherapie ist zum einen die somatische Anwendung am Patienten möglich. So konnten beispielsweise 2016 Lungenkrebspatienten in China mit Hilfe der Genschere CRISPR/Cas9 behandelt werden (CYRANOSKI, 2016). Bedenken zur somatischen Gentherapie sind vor allem mit den ihnen verbundenen Risiken für den Patienten verbunden (LEDFORD, 2015). Ethisch bedenklicher ist ein Eingriff in die Keimbahn des Menschen. So führte Ende 2018 die unbestätigte Meldung der erstmaligen Geburt zweier Zwillinge, in deren Erbgut mit Hilfe der Genschere während der *in vitro Fertilisation* (IVF) eingegriffen wurde, zu weltweiter Kritik (WEIß & PASEMANN, 2018). Die Folgen eines solchen Eingriffes sind vererbbar und hätten, im Gegensatz zur somatischen Gentherapie, weitreichende Auswirkungen auf die nachfolgenden Generationen (LIANG et al., 2015). Zudem sind die gesundheitlichen Risiken nach dem derzeitigen Stand der Wissenschaft noch nicht absehbar (MA, et al., 2017). Bereits mit der Entdeckung des hohen Nutzungspotenzials des CRISPR/Cas9-Systems wurden daher die ethischen Grenzen des Machbaren strittig diskutiert (ZHAI, NG & LIE, 2016). Vorangegangene Forschungsarbeiten an nicht lebensfähigen Embryonen führten zu der Forderung vieler Wissenschaftler, die Entdeckerinnen des CRISPR/Cas9-Systems eingeschlossen, ein freiwilliges Moratorium für die klinische Anwendung bis hin zum völligen Verbot der *in vitro* Forschung zu beschließen (BALTIMORE et al., 2015). Durch die universelle Einsatzmöglichkeit der Genom-Editierungsmethode werden unterschiedliche ethische Werte in den Fokus der öffentlichen Debatte gerückt. Vor allem die *Menschenwürde*, *Selbstbestimmung*, *Freiheit* und die *Gesundheit* sind hier zu nennen. Befürchtet wird, dass betroffene Menschen, die sich gegen eine solche Genom-Editierung entscheiden, Ausgrenzungen erfahren (ZILLMANN & KAUFMANN, 2018). Das Gefühl einer Minderwertigkeit, oder der Rechtfertigung keine Editierung in Anspruch genommen zu haben, berührt die Werte *Menschwürde* und *Selbstbestimmung* (PORTEUS, 2016) Durch einen

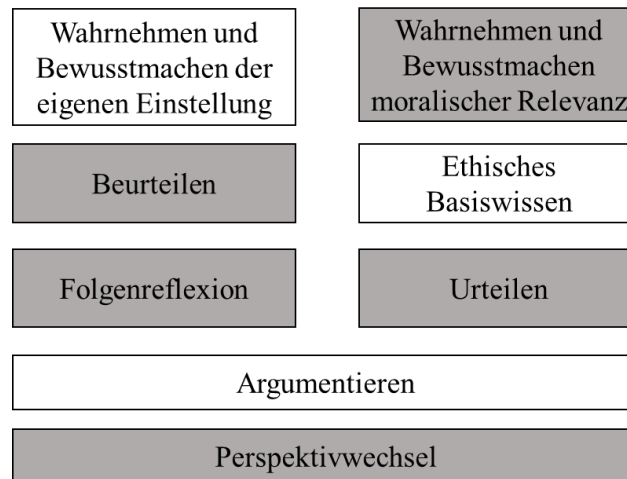
möglicherweise wachsenden gesellschaftlichen Druck könnten Menschen sich in ihrer *Freiheit* und Selbstbestimmung eingeschränkt fühlen, selbst über ihren Körper entscheiden zu können. Gleichzeitig sollte allen Menschen die Möglichkeit gegeben werden, *Gesund* zu sein. Aus diesem Grund sollte eine Genom-Editierung für alle Menschen im gleichen Maße zugänglich sein (ROSSANT, 2018).

## 2.2 Bewertungskompetenz

*„Naturwissenschaftliche Bildung ermöglicht dem Individuum eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklung und naturwissenschaftliche Forschung und ist deshalb wesentlicher Bestandteil von Allgemeinbildung.“* (KMK, 2004, S. 6)

Als 2004 von der Kultusministerkonferenz (KMK) die Bildungsstandards für die naturwissenschaftlichen Fächer eingeführt wurden, erneuerte sich der Fokus des Biologieunterrichts. Nicht nur das *Fachwissen* wird hier hervorgehoben, sondern dieses soll durch die drei weiteren Kompetenzbereiche *Erkenntnisgewinnung*, *Kommunikation* und *Bewertung* ergänzt werden. Besonders durch den Bereich der Bewertung werden die oben im Zitat angesprochene gesellschaftliche Teilhabe und fundierte und reflektierte Urteilsbildung gefördert. Als Schwerpunktthemen für die Verbesserung der Bewertung werden besonders solche gefordert, welche „das verantwortungsbewusste Verhalten des Menschen gegenüber sich selbst und anderen Personen sowie gegenüber der Umwelt betreffen.“ (KMK, 2004, S. 12) Die KMK nennt hier beispielsweise die Forschung an Embryonen oder die gentechnische Veränderung von Menschen. Auch in der öffentlichen Debatte über CRISPR/Cas9 wird gefordert, dass Schüler erfahren sollen, welche Risiken und Möglichkeiten die Genom-Editierung bietet und welche ethischen Bedenken es bezüglich einer Anwendung gibt (BALTIMORE, ET AL., 2015). Da die Genom-Editierung immer wieder in Populärmedien zu finden ist (WEIß & PASEMANN, 2018; PFÜTZNER, 2018), eignet sich das hochaktuelle Thema der Genom-Editierung gut, um die Bewertungskompetenz im Unterricht zu stimulieren.

Um die Bewertungskompetenz einzelner Schüler zu erheben oder beurteilen zu können, wurde in Oldenburg 2009 ein Kompetenzstrukturmodell entwickelt (MITTELSTEN SCHEID & HÖBLE, 2007; REITSCHERT & HÖBLE, 2006). In diesem Modell unterteilt sich die Bewertungskompetenz in acht Teilkompetenzen (vgl. Abb. 1), wobei nur die grau hinterlegten Kompetenzen in der hier vorgestellten Studie Berücksichtigung finden.



**Abbildung 1:** Das Oldenburger Kompetenzstrukturmodell zur Bewertungskompetenz mit den acht Teilkompetenzen (verändert nach: MITTELSTEN SCHEID & HÖBLE, 2007). Die grau hinterlegten Kompetenzen werden in dieser Studie berücksichtigt.

Jede Teilkompetenz kann in drei Niveaustufen unterteilt werden, wobei das dritte Niveau die höchste zu erreichende Stufe ist (MITTELSTEN SCHEID, 2008). Dabei gilt das einmalige Erreichen einer Niveaustufe als ausschlaggebend. Es kann also ein Proband drei Antworten im Niveau I formulieren und nur eine in Niveau III, um trotzdem das Niveau III zu erreichen (MITTELSTEN SCHEID, 2008).

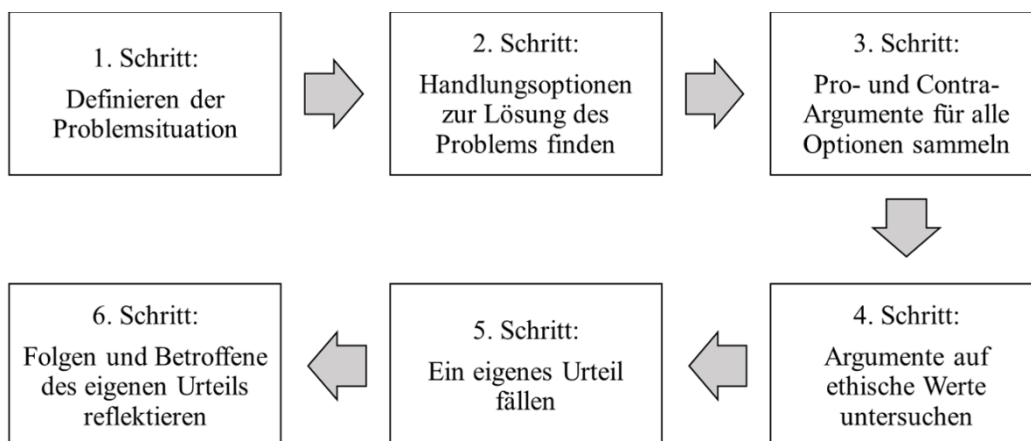
Mit der Einführung der Bewertungskompetenz in den Biologieunterricht wuchsen gleichzeitig die Herausforderungen an die Lehrpersonen. Vor allem die Aktualität der Kontextthemen und der damit verbundene Informationsbeschaffungsaufwand sowie die Diagnose der Schülerleistung sind hier zu nennen (STEFFEN & HÖBLE, 2015). ALFS (2012) konnte darüber hinaus zeigen, dass die Bewertungskompetenz in ihrer Bedeutsamkeit seitens der Lehrkräfte den anderen Kompetenzbereichen gegenüber eher zurückfällt. Umso wichtiger ist es, den Lehrkräften erprobtes Lehrmaterial zur Verfügung zu stellen. Auch auf Schülerseite sind Schwierigkeiten beim Bewerten ethischer Problemsituationen zu beobachten (REITSCHERT, 2009; MITTELSTEN SCHEID, 2008). So hat sich gezeigt, dass die Bewertungskompetenz weniger ausdifferenziert ist als erwartet. Insbesondere das Wahrnehmen und Bewusstmachen eines moralischen Problems und das Beurteilen fällt den Schülern schwer (EBD.).

### 2.3 Methoden zur Förderung der Bewertungskompetenz

Möglichkeiten die Bewertungskompetenz im Unterricht gezielt zu fördern sind unter anderem das selbstregulierte Lernen oder der Einsatz von Concept Maps (GRESCH, HASSELHORN, & BÖGEHOLZ, 2017; EGGERT et al., 2017). Diese beiden Methoden zeichnen sich dadurch aus, dass die Schüler eigenständig und angepasst an ihr eigenes Lerntempo arbeiten sollen. Zusätzlich wird das Wissen

durch die Anwendung von Concept Maps stärker vernetzt (GRESCH, HASSELHORN, & BÖGEHOLZ, 2017; EGGERT et al., 2017).

Um die einzelnen Kompetenzen nach dem Oldenburger Modell zu fördern, entschieden sich ALFS, HÖBLE & ALFS (2011) in einer Interventionsstudie dafür im Unterricht alle Teilkompetenzen gezielt anzusprechen und zu thematisieren. Dafür wurde der sechs Schritt zur moralischen Urteilsbildung gewählt (vgl. Abb. 2; HÖBLE 2001). In dieser Interventionsstudie, in der Schüler am Beispiel der Grünen Gentechnik fachlich und zur ethischen Bewertung unterrichtet wurden, konnten ALFS, HÖBLE & ALFS (2011) zeigen, dass die Kompetenz der Schüler hinsichtlich der Folgenreflexion und des Perspektivwechsels gesteigert werden konnte. Allerdings ergab die Studie ebenfalls, dass die Kompetenzen des Wahrnehmens und Bewusstmachens der moralischen Relevanz und des Beurteilens durch die Intervention kaum verbessert werden konnten (ALFS, HÖBLE & ALFS, 2011). Die Intervention dieser Studie wurde in mehreren Modulen abgehalten, wobei eines der Module in einem molekulargenetischen Lernlabor stattfand. Hier wurde unter anderem Fachwissen vermittelt, welches zur Bewertung ethischer Problemsituationen zwingend notwendig ist (HÖBLE, 2001).



**Abbildung 2:** Die sechs Schritte der moralischen Urteilsbildung verändert nach HÖBLE (2001).

Die Methode des moralischen sechs Schritts erscheint für die Planung einer Intervention zur Förderung der Bewertungskompetenz anhand der Genom-Editierung passend, da sie alle Teilkompetenzen des Oldenburger Modells gezielt anspricht. Da in der obenstehenden Studie von ALFS, HÖBLE & ALFS (2011) die Bewertungskompetenz in nur zwei Teilkompetenzen (Folgenreflexion & Perspektivwechsel) gefördert wurde, soll nun in der hier vorgestellten Studie eine Intervention pilotiert werden, welche auch die weiteren Teilkompetenzen der Bewertungskompetenz fördern soll (vgl. Kapitel 4.2).

### 3 Fragestellungen

In Anlehnung an die dargestellte Ausgangssituation stellt sich die zentrale Forschungsfrage, wie sich die Bewertungskompetenz anhand des Kontextthemas der Genom-Editierung im Unterricht verändert. Dazu wird eine Pilotierungsstudie mit einer Intervention zur Förderung der Bewertungskompetenz (vgl. Kapitel 4.2) durchgeführt, die durch eine Prä-Post-Test-Befragung evaluiert wird.

### 4 Methodik

In dieser Pilotierungsstudie wird ein qualitativer Forschungsansatz mit einer anschließenden deskriptiven Quantifizierung der Ergebnisse gewählt. Dadurch sollen die qualitativ gewonnenen Ergebnisse übersichtlich dargestellt und die Effekte der Intervention deutlich gemacht werden (MORRIS, 2008). Somit kann die Intervention im Anschluss an ihre Pilotierung gezielt in den Punkten verändert werden, in welchen die Effekte der Veränderungen der Teilkompetenzen zu gering sind. Aufgrund der geringen Probandenzahl kann eine Quantifizierung nur deskriptiv erfolgen.

#### 4.1 Sampling und Design

An der Pilotierungsstudie, der ein Prä-Post-Test-Design zur Testung der Bewertungskompetenz zugrunde liegt, nahmen 23 Schüler im Alter von 16-18 Jahren eines Oberstufenbiologiekurses auf erhöhtem Niveau eines ländlich gelegenen Gymnasiums teil. Die Pilotierung dient der Überprüfung zweier 90-minütiger Interventionen (vgl. Kapitel 4.2).

Alle Probanden durchliefen folgende Phasen der Studie:

1. Prä-Test
2. Fachliche Intervention: Die erste Intervention bestand aus einer 90-minütigen Unterrichtsstunde über die Genom-Editierung und dessen neues Werkzeug CRISPR/Cas9.
3. Intervention zum Bewerten: In einer zweiten 90-minütigen Intervention bewerteten Schüler die Genom-Editierung mit Hilfe der 6-Schritt-Methode (HÖBLE, 2001).
4. Post-Test

#### 4.2 Methodisches Vorgehen

##### Prä-Test & Post-Test:

Die Erhebung der Bewertungskompetenz erfolgte anhand eines Paper-Pencil-Tests. Es wurde sich trotz des qualitativen Forschungsansatzes für den Einsatz von Fragebögen entschieden, um eine höhere Anzahl an Probanden zu befragen.



Auch wenn Interviews an dieser Stelle eine weitere Möglichkeit der Erhebung der Bewertungskompetenz darstellen, würde die Auswertung dieser großen Menge an Interviews viel Zeit beanspruchen (BORTZ & DÖRING, 2016). Somit wurden bereits erprobte offene Aufgaben zur Erhebung der Bewertungskompetenz herangezogen, die sich an die Studie von VISSER (2014) anlehnen. Die Einleitung des Erhebungsinstrumentes geschieht mittels eines Dilemmas, dessen Handlungsablauf in einer nahen Zukunft angelegt ist. In diesem wird die Genom-Editierung als Möglichkeit vorgestellt, dass Eltern mit einer Prädisposition für Familiäre Leukämie ein gesundes Kind bekommen können. Dazu würde die erbliche Veranlagung für diese Krankheit vor dem Einsetzen in den Mutterleib aus dem Genom des Embryos mit Hilfe der Genom-Editierung geschnitten werden. Prä- und Post-Test beinhalteten jeweils die gleichen Fragen, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse vor und nach der Intervention zu erreichen. So kann für die Probandengruppe gezielt eine Veränderung der Bewertungskompetenz analysiert werden (EKBORG, 2008). Außerdem wird mir allen Probanden die gleiche Intervention getestet, weshalb ein Vergleich zwischen unterschiedlichen Probandengruppen nicht notwendig ist. Dieser Vergleich zwischen unterschiedlichen Gruppen könnte mit einer Variation der Fragen im Prä- und Post-Test erreicht werden. Ebenfalls wäre diese Variante eine Möglichkeit die Motivation der Probanden aufrechtzuerhalten auch im Post-Test alle Fragen ausführlich zu beantworten. Bei dem Einsatz gleicher Fragen kann die Motivation beim zweiten Ausfüllen absinken und somit die Ergebnisse verfälschen (BORTZ & DÖRING, 2016). Um diesem entgegenzuwirken besteht der Fragebogen aus fünf offenen Fragen, wie z.B. der Frage nach der Teilkompetenz Beurteilen „Welche ethischen Werte sehen Sie in dieser Situation berührt?“. Dabei steht für jede der erhobenen Teilkompetenzen (Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz, Beurteilen, Folgenreflexion, Perspektivwechsel und Urteilen) eine Frage zur Verfügung. Diese Fragen sind allgemein gehalten, um eine breite Antwortmöglichkeit der Probanden zu erlangen (VISSER, 2014). Zudem soll so das Gefühl der Redundanz zwischen Prä- und Post-Test vermieden werden.

### Interventionen:

Um erprobtes Lehrmaterial für den Biologieunterricht bereitzustellen und auch die Bewertungskompetenz in einzelnen Teilkompetenzen zu fördern, ist eine Intervention bestehend aus zwei 90-minütigen Unterrichtsstunden entwickelt worden. Grundlage dieser Intervention ist eine Förderung der Bewertungskompetenz im ethischen Sinne. Zunächst werden aber in der ersten Doppelstunde die fachlichen Grundlagen der Genom-Editierung vermittelt, da ethisches Bewerten in einem engen Zusammenhang mit biologischem Fachwissen stehen sollte (HÖBLE, 2001). Ziel ist es in dieser Intervention den

Ablauf der Genom-Editierung sowie das Werkzeug CRISPR/Cas9 vorzustellen. Weiterhin werden unterschiedliche mögliche Therapieansätze am Menschen vorgestellt. Hier werden besonders die Unterschiede der Vererbbarkeit einer Keimbahntherapie gegenüber einer somatischen Gentherapie thematisiert. Da sich eine somatische Gentherapie nicht auf die nachfolgenden Generationen auswirkt und auch nur auf bestimmte Zelltypen begrenzt ist, ergeben sich bei diesem Ansatz gegenüber der Keimbahntherapie weniger ethische Bedenken (ROSSANT, 2018). Die ethischen Bedenken gegenüber einer Keimbahntherapie werden in der zweiten Doppelstunde der Intervention näher untersucht. Für diese Förderung wird das Oldenburger Modell gewählt, um aufbauend auf der Studie von ALFS, HÖBLE & ALFS (2011) einzelne Teilkompetenzen zu fördern. Hierzu wurden aus dieser Studie insbesondere Unterrichtssteile des Perspektivwechsels und der Folgenreflexion übernommen und mit neuen Konzeptionen bezüglich der weiteren Teilkompetenzen ergänzt. Um eine Folgenreflexion und einen Perspektivwechsel durchzuführen, ist es notwendig über unterschiedliche Folgen und Betroffenenkreise mit den Schülern zu diskutieren (ALFS, HÖBLE, & ALFS, 2011). Der gewählte Unterrichtsgang entsprach den ethischen sechs Schritten nach HÖBLE (2001). Nach einer Klärung des moralischen Problems hinter der Keimbahntherapie bei Embryonen anhand eines Zeitungsartikels im ersten Schritt (Teilkompetenz: Wahrnehmen und Bewusstmachen des moralischen Problems), werden in einem zweiten Schritt Handlungsoptionen für eine mögliche Reglementierung der Anwendung der Genom-Editierung gesammelt. Mit Hilfe einer Placemat diskutieren Schüler im dritten Schritt Argumente für und gegen jede der Handlungsoptionen. Das Zuordnen von ethischen Werten zu den gesammelten Argumenten stellt den vierten Schritt dar. Hierzu eignet sich der Einsatz eines Wertepools (HÖBLE, 2001). An dieser Stelle soll die Teilkompetenz des Beurteilens gefördert werden. Abschließend werden in einem fünften und sechsten Schritt eigene Urteile bezüglich der Genom-Editierung an Embryonen formuliert und auf ihre Folgen und betroffenen Personenkreise untersucht. Die Ergebnisse der letzten beiden Schritte diskutierten die Schüler im Anschluss kritisch und stellen eine Allgemeingültigkeit für die Folgenreflexion und den Perspektivwechsel auf.

Es wurde sich für die Unterrichtsführung nach dem sechs Schritt der moralischen Urteilsbildung entschieden, da im Vordergrund der Stunde der Kompetenzzuwachs in den einzelnen Teilkompetenzen der Bewertungskompetenz steht. Durch andere Ansätze, wie der Nutzung von Concept Maps oder dem selbstregulierten Lernen, hätte noch eine weitere Unterrichtsstunde zur Erläuterung und Erlernung dieser Methoden eingefügt werden sollen (GRESCH, HASSELHORN, & BÖGEHOLZ, 2017; EGGERT et al., 2017). Da aber keine zusätzlichen Methoden der Unterrichtsgestaltung eingeübt werden

sollten, erscheint die Methode des sechs Schrittes für den zu vermittelnden Inhalt angemessen.

### 4.3 Auswertung

In einem ersten Schritt der Auswertung wurden die Fragebögen transkribiert. Im Anschluss daran erfolgte die Auswertung mit Hilfe des Computerprogramms „MaxQDA“ der Firma VERBI (KUCKARTZ, 2007). Hierzu wurden die Schülerbeiträge zuerst den einzelnen deduktiv gebildeten Kategorien, die den Teilkompetenzen der Bewertungskompetenz des Oldenburger Modells und den dazu gehörigen drei Niveaustufen entsprechen, zugeordnet (MAYRING, 2015). Dieser deduktiven Kategorien (vgl. Tab. 1) wurde mit Hilfe der Arbeiten von MITTELSTEN SCHEID (2008), REITSCHERT (2009), ALFS, HÖBLE & ALFS (2011) und VISSER (2014) erstellt und nach einer Pilotierung des Fragebogens weiterentwickelt.

**Tabelle 1:** Ausdifferenzierung der Niveaustufen am Beispiel der Teilkompetenz Beurteilen im Erwartungshorizont.

Niveaustufe	Ausdifferenzierung
I	Nennung eines oder mehrerer impliziter oder expliziter ethischer Werte.
II	Nennung und Begründung ethischer Werte sowohl implizit als auch explizit.
III	Mehrere Werte werden explizit oder implizit begründet zugeordnet und ein Wertekonflikt wird beschrieben.

Im Zuge dieser Zuordnung von Niveaustufen wurden den Schüleraussagen Punkte je nach erreichter Niveaustufe zugeordnet, um die Ergebnisse quantifizieren zu können. Die deskriptiven Ergebnisse wurden anschließend mit Hilfe des Tabellenkalkulationsprogramms „Excel“ der Firma Microsoft dargestellt. Aufgrund der geringen Teilnehmerzahl hätte die Auswertung ausschließlich mit Hilfe von Signifikanzen eine geringe Aussagekraft (Cohen, 1992), weshalb die durch den Friedman-Test für nichtparametrische Daten erhaltenen Signifikanzen um ihre Effektstärken ergänzt wurden (Friedman, 1937). So kann dargestellt werden, wie effektiv die Intervention bezüglich der Förderung der einzelnen Teilkompetenzen ist. Die dafür benötigten Analysen und Tests wurden mit Hilfe der Statistik Software „SPSS Statistics“ von IBM durchgeführt. Es wurde ein Signifikanzniveau von 5 % angesetzt. Um die Veränderungen nach der Intervention genauer zu untersuchen und die Intervention gezielter verändern zu können, wurde in einem letzten Schritt das Material induktiv untersucht.

## 5 Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Pilotierung der Interventionen dargestellt. Es handelt sich um die deduktive Auswertung der Daten. Die Ergebnisse wurden zur besseren Übersichtlichkeit quantifiziert, um so auch gezielt auf die eingangs gestellte Frage antworten zu können (vgl. Kapitel 3). Zusätzlich sollen die Veränderungen der Teilkompetenzen mit Ankerziten in Bezug auf die Genom-Editierung näher dargestellt werden. Diese Veränderungen werden durch die Ergebnisse der induktiven Analyse ergänzt.

Eine differenzierte Darstellung zu den erreichten Niveaustufen der Schüler geordnet nach den Teilkompetenzen des Oldenburger Modells findet sich in Tabelle 2. Als Ergänzung werden Signifikanzen und Effektstärken angegeben.

**Tabelle 2:** Es sind die Häufigkeiten der Niveaustufen der erreichten Teilkompetenzen des Oldenburger Modells für alle Teilnehmenden ( $N = 23$ ) dargestellt. Sie sind nach Prä- und Post-Test aufgeteilt. Zusätzlich werden die Signifikanzen ( $p$ ) und die Effektstärken ( $d$ ) zwischen den Messzeitpunkten dargestellt. Signifikante Werte werden mit einem \* gekennzeichnet (Signifikanzniveau von 5%).

Teilkompetenz	Test	Niveau I	Niveau II	Niveau III	Signifikanz $p$ (Effektstärke $d$ )
<b>Wahrnehmen und bewusst machen der moralischen Relevanz</b>	Prä-Test	3	13	7	0.405
	Post-Test	4	10	9	(0.06)
<b>Beurteilen</b>	Prä-Test	17	6	0	0.021*
	Post-Test	10	7	6	(0.90)
<b>Folgenreflexion</b>	Prä-Test	16	2	5	0.132
	Post-Test	12	3	8	(0.27)
<b>Perspektivwechsel</b>	Prä-Test	1	17	5	0.527
	Post-Test	2	13	8	(0.15)
<b>Urteilen</b>	Prä-Test	6	13	4	0.034* (0.35)

Hinsichtlich der Teilkompetenz Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz konnte keine signifikante Verbesserung der Schüler festgestellt werden ( $p = 0.405$ ). Dies drückt auch die niedrige Effektstärke von  $d = 0.06$  aus. Es konnten sich allerdings zwei Schüler deutlich verbessern und Niveaustufe III erreichen: „[Das moralische Problem ist] die Veränderung der Natur. Die „unpassenden“ [Menschen] werden aussortiert und Nicht-Geborene-Menschen getötet (Grundgesetz Art. 1 „Die Würde des Menschen ist unantastbar“). Später auch möglich: Klonen, keine Natur mehr, alles ist künstlich, „Perfektionierung“ der Menschheit (keine Makel, nicht menschlich); Keine Individualität; Kein freier Wille“ (Clara, Post-Test, 16) Da Clara im Post-

Test das moralische Problem umfassend erkennt, indem sie die Allgemeingültigkeit dieses Problems für die Gesellschaft jetzt und in Zukunft beschreibt, erreicht sie in der Teilkompetenz Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz Niveau III.

Innerhalb der Teilkompetenzen des Beurteilens und des Urteilens konnten signifikante Verbesserungen der Schüler festgestellt werden ( $p = 0.021$ ;  $p = 0.034$ ). Insbesondere zeigte sich in der Kompetenz Beurteilen eine starke Verbesserung, was die Effektstärke von  $d = 0.90$  gegenüber der Effektstärke des Urteilens von  $d = 0.35$  zeigt. Während kein Schüler die Niveaustufe III in der Kompetenz des Beurteilens im Prä-Test erreicht, schaffen dies im Post-Test sechs Schüler. In der induktiven Analyse der Fragebögen fällt besonders auf, dass nach der Intervention mehr Schüler explizit auf Werte in ihrer Argumentation zurückgreifen. Genannt werden häufig Werte wie Leidverringering für das Kind, Liebe der Eltern, Gesundheit des Kindes und Fortschritt der Forschung. *„Zum einen spielt die Gesundheit des Embryos eine Rolle. Durch die Genom-Editierung wird die Wahrscheinlichkeit an Leukämie [zu erkranken] stark verringert, jedoch ist es auch möglich, dass das Embryo dadurch einer anderen Krankheit ausgesetzt ist.“* (Lisa, Post-Test, 17) Lisa beschreibt explizit einen Wertekonflikt innerhalb des Wertes Gesundheit und erhält deswegen in ihrem Post-Test die Niveaustufe III in der Teilkompetenz Beurteilen.

Da für ein höheres Niveau an Urteilsfähigkeit das explizite Nennen von Werten und Wertkonflikten unerlässlich ist, liegt hier auch die Verbesserung der Schüler in der Teilkompetenz Urteilen begründet: *„Dies ist ein schwerer Eingriff in die Natur und die Individualität und Einzigartigkeit des Menschen, da seine DNA verändert wird. Außerdem kann man mit der Genom-Editierung Embryonen so „zurecht basteln“, wie man sie möchte z.B. blonde Haare und blaue Augen. Auch dies würde Einzigartigkeit und die Individualität des Menschen verändern. Ich bin gegen die Genom-Editierung.“* (Michael, Post-Test, 17) Allerdings reicht es nicht nur aus, Werte zu nennen, sondern die Schüler sollten auch in der Lage sein diese in Form von Pro- und Contra-Argumente gegeneinander abzuwägen. Dies haben viele Schüler außer Acht gelassen, weshalb die Verbesserung der Schüler in dieser Teilkompetenz geringer war, als in der Kompetenz des Beurteilens. So wird beispielsweise die Verletzung der Natur und Individualität durch die Genom-Editierung als Argument gegen diese erwähnt (vgl. Zitat Michael). Eine Nennung von Pro-Argumenten vernachlässigt der Schüler an dieser Stelle. So hat der Schüler zwar explizite Werte nennen können, jedoch nur eine einseitige Argumentation geliefert. Aus diesem Grund erhält Michael die Niveaustufe II im Post-Test für die Teilkompetenz des Urteilens.

Bezüglich der Folgenreflexion und des Perspektivwechsels konnten sich in der untersuchten Stichprobe die Schüler gering aber nicht signifikant verbessern ( $p = 0.132$ ;  $p = 0.527$ ). Dies zeigen Effektstärken von  $d = 0.27$  und  $d = 0.15$ . Bei einigen Schülern wurde aber eine sprunghafte Steigerung von Niveaustufe I zu III in der Folgenreflexion gemessen. In der induktiven Auswertung reflektierten die Schüler im Post-Test nicht nur allgemeine gesellschaftliche Folgen, wie die im Prä-Test genannte Erstellung eines Designermenschen, sondern beispielsweise auch die Verringerung von Arbeitsplätzen an Krankenhäusern durch den Wegfall von Patienten. „[Durch den Einsatz der Genom-Editierung gibt es auf lange Sicht] weniger Arbeitsplätze, wenn z.B. Behinderungen komplett ausgelöscht werden (z.B. keine Heilerziehungspfleger etc. mehr)“ (Anna, Post-Test, 17) Aufgrund dieser langfristigen, ökonomischen Folge erhält Anna im Post-Test Niveau III in der Teilkompetenz der Folgenreflexion. Auch beim Perspektivenwechsel wurde nach der Intervention eine besonders weitreichende Betrachtung der betroffenen Personen und Institutionen beobachtet. So identifizierten die Schüler spezifisch Krankenkassen, Krankenhäuser und den Staat als institutionelle Betroffene, wohingegen im Prä-Test nur die Gesellschaft im Allgemeinen genannt wird. „Krankenkasse: Patient/Kind kostet weniger, da Erbkrankheiten ausgerottet sind.“ (Lars, Post-Test, 18) Aufgrund der Nennung einer übergeordneten Institution und der Begründung dieser erhält Lars im Post-Test in der Teilkompetenz Perspektivwechsel das Niveau III.

## 6 Diskussion

Ein Ziel des Biologieunterrichts nach den Richtlinien der KMK (2004) ist eine reflektierte Urteilsbildung. Im Rahmen der dargestellten Studie wurde untersucht, ob sich die Bewertungskompetenz von Schülern zur Genom-Editierung durch eine 180-minütigen Intervention verändern lässt und an welchen Stellen die Intervention noch optimiert werden muss.

Es ist bei der quantitativen Analyse der Fragebögen festzustellen, dass die Niveaus der Urteile nach der Intervention signifikant angestiegen sind. So diskutieren die Schüler hier nicht mehr nur die eigenen Sichtweisen und formulieren Argumente dafür, sondern berücksichtigen auch Gegenargumente und beachten Wertkonflikte. Eine höhere Anzahl an Schüler argumentierte auch gegen ihre eigenen Positionen, im Gegensatz zu den Beobachtungen von ALFS, HÖBLE & ALFS (2011), in deren Studie es den Schülern schwerfiel, Argumente gegen ihre eigene Position zu äußern.

Der kleine Effekt bezüglich der Teilkompetenzen Perspektivwechsel und Folgenreflexion ist ein erstaunliches Ergebnis. So ergab die Studie von ALFS,

HÖBLE & ALFS (2011), dass besonders diese Teilkompetenzen durch eine mehrteilige Intervention gefördert werden konnten. Es ist also anzunehmen, dass die von ALFS, HÖBLE & ALFS durchgeführte Intervention die Schüler in den Teilkompetenzen gezielter gefördert hat. Da die Intervention in der dargestellten Studie in den Punkten des Perspektivwechsels und der Folgenreflexion der von ALFS, HÖBLE & ALFS nachempfunden war, könnten größere Probandenzahlen möglicherweise den Effekt deutlicher machen. Zusätzlich wurde ein Teil der Intervention von ALFS, HÖBLE & ALFS (2011) in einem Lernlabor durchgeführt. Das veränderte Setting der Unterrichtsstunde kann ebenfalls die Bewertungskompetenz und hier insbesondere den Perspektivwechsel und die Folgenreflexion der Schüler beeinflusst haben. Da die weiteren Interventionsmodule von den Fachlehrern unterrichtet wurden, kann die Lernleistung durch eine alltägliche Situation wieder abgefallen sein. Es lässt sich zudem nicht überprüfen, ob die Module von den Fachlehrern genauso unterrichtet wurden, wie vorgesehen. In der vorliegenden Studie wurde die Intervention von einer den Schülern fremden Person durchgeführt. Es wurde darauf geachtet die Intervention in der intendierten Weise zu unterrichten. Durch die Veränderung der alltäglichen Lehrsituation durch eine fremde Lehrperson kann ein gesteigertes Interesse der Schüler möglich und ursächlich für die Veränderung der Teilkompetenzen Beurteilen und Urteilen sein. Die aufgetretenen Probleme bei dem Perspektivwechsel und der Folgenreflexion lassen sich möglicherweise durch das Alter der Probanden erklären. Nach ADELSON (1980) liegt der Übergang soziozentrische und abstrakte politische Perspektiven und Folgen übernehmen, reflektieren und verstehen zu können im Alter zwischen 16 und 18 Jahren und liegt damit im Alter der untersuchten Probandengruppe. Schülern fällt es daher oftmals schwer Perspektiven und Folgen umfassend nachzuvollziehen. So würde beispielsweise die Zulassung oder das Verbot der CRISPR/Cas9-Technologie als Arzneimittel oder zu Forschungszwecken zu weitreichenden Folgen im Gesundheits- und Pflegesystem führen.

Mit einem großen Effekt ist die Teilkompetenz Beurteilen gefördert worden. Hier scheint der Unterrichtsgang für die Schüler im Gegensatz zu der Studie von ALFS, HÖBLE & ALFS (2011) nachvollziehbar und transferierbar zu sein. Der Einsatz eines Wertepools ist somit eine geeignete Methode zur Förderung dieser Teilkompetenz. Die Schüler konnten während der Unterrichtsstunde Wissen über ethische Werte erlangen, welches sie dann im Testinstrument anwenden konnten. Während die Schüler im Prä-Test keine expliziten Werte nennen konnten, fiel es ihnen im Post-Test deutlich einfacher explizite Werte aufzuzeigen.

Insgesamt konnte die Bewertungskompetenz mit der durchgeführten Intervention in zwei Teilkompetenzen gefördert werden.

## 7 Fazit und Ausblick

Die Pilotierungsstudie hat gezeigt, dass signifikante Effekte besonders in den Teilkompetenzen Beurteilen und Urteilen gemessen werden konnten. Die durchgeführte Intervention ist somit zur Förderung der Bewertungskompetenz in diesen Teilkompetenzen geeignet. Für das weitere Forschungsvorhaben wird die Intervention hinsichtlich der Förderung der Teilkompetenzen Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz, Folgenreflexion und Perspektivwechsel überarbeitet. Somit hat die Überprüfung der Intervention Schwächen dieser herausgestellt, die es zu überarbeiten gilt, um in einer anschließenden Hauptstudie diese Intervention nutzen zu können.

Das methodische Vorgehen der Interventionsstudie mit Hilfe einer Prä-Post-Test-Befragung hat sich als passend herausgestellt, um die Veränderung der Bewertungskompetenz aller Probanden zu erfragen. Ebenfalls hat sich der Fragebogen in einer vorangegangenen Pilotierung als geeignet zur Erhebung der Bewertungskompetenz herausgestellt. Dies hat sich in dieser Studie noch einmal bestätigt.

Es stellt sich schließlich die Frage, inwiefern eine fachliche Intervention notwendig ist, um die Bewertungskompetenz zu fördern. Möglicherweise reicht auch der Kontext Genom-Editierung an sich ohne eine genauere Vorstellung der fachlichen Hintergründe. Es könnte zusätzlich vermutet werden, dass eine fachliche Intervention teilweise die Bewertungskompetenz fördert. Da in einer solchen Intervention die Folgen und betroffenen Perspektiven stärker herausgestellt werden (ALFS, HÖBLE, & ALFS, 2011). Es sollen also Schülergruppen zusätzlich nur fachlich oder nur zur Bewertung gefördert werden. So können auch nähere Aussagen über die Notwendigkeit von Fachwissen zum ethischen Bewerten gemacht werden. Ziel ist es, in dieser erweiterten Hauptstudie im 2x2 im bifaktoriellen Design die Notwendigkeit von Fachwissen zum ethischen Bewerten zu untersuchen (KRAUSE & STARK, 2016).

## Zitierte Literatur

- ADELSON, J. (1980): Die politischen Vorstellungen des Jugendlichen in der Frühadoleszenz. In R. DÖBERT, J. HABERMAS, & G. NUNNER-WINKLER (Hrsg.), *Entwicklung des Ichs*. Königstein/ Ts.: Anton Hain Meisenheim GmbH. 272-293.
- ALFS, N. (2012): *Ethisches Bewerten fördern. Eine qualitative Untersuchung zum fachdidaktischen Wissen von Biologielehrkräften zum Kompetenzbereich "Bewertung"*. Hamburg: Dr. Kovac.



- ALFS, N., HÖBLE, C., & ALFS, T. (2011): *Eine Interventionsstudie zur Entwicklung der Bewertungskompetenz bei Schülerinnen und Schülern im Rahmen des Projektes HannoverGEN*. Oldenburg: Universität Oldenburg.
- BALTIMORE, D., BERG, P., BOTCHAN, M., CARROLL, D., CHARO, R. A., CHRUCH, G., et al. (2015): A prudent path forward for genomic engineering and germline gene modification. *Science*, 348(6230), 36-38.
- BARRANGOU, R., FREMEUX, C., DEVEAU, H., RICHARDS, M., BOYAVAL, P., MOINEAU, S., et al. (2007): CRISPR provides acquired resistance against viruses in prokaryotes. *Science*, 315(5819), 1709-1712.
- BÖGEHOLZ, S., HÖBLE, C., LANGLET, J., SANDER, E., & SCHÜLTER, K. (2004): Bewerten-Urteilen-Entscheiden im biologischen Kontext: Modelle im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 89-115.
- BORTZ, J., & DÖRING, N. (2016): *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Heidelberg: Springer Verlag.
- COHEN, J. (1992): A Power Primer. *Quantitative Methods in Psychology*, 112(1), 155-159.
- CYRANOSKI, D. (2016): CRISPR gene-editing tested in a person for the first time. *Nature*, 539, 479.
- DOUDNA, J. A., & CHARPENTIER, E. (2014): The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science*, 346(6213), 1258096.
- EGGERT, S., NITSCH, A., BOONE, W., NÜCKLES, M., & BÖGEHOLZ, S. (2017): Supporting Students' Learning and Socioscientific Reasoning About Climate Change—the Effect of Computer-Based Concept Mapping Scaffolds. *Research in Science Education*, 47(1), 137-159.
- EKBORG. (2008): Opinion building on a socio-scientific issue: the case of genetically modified plants. *Journal of Biological Education*, 42(2), 60-65.
- FRIEDMAN, M. (1937): The Use of Ranks to Avoid the Assumption of Normality Implicit in the Analysis of Variance. *Journal of the American Statistical Association*, 32(200), 675-701.
- GEBHARDT, U. (2009): Alltagsmythen und Alltagsphantasien. Wie sich durch die Biotechnik das Menschenbild verändert. In S. DUNGS, U. GERBER, & E. MÜHREL (Hrsg.), *Biotechnologien in Kontexten der Sozial- und Gesundheitsberufe. Professionelle Praxen - Disziplinäre Nachbarschaften - Gesellschaftliche Leitbilder*. Frankfurt a.M.: Lang. 191-220.
- GRESCH, H., HASSELHORN, M., & BÖGEHOLZ, S. (2017): Enhancing Decision-Making in STSE Education by Inducing Reflection and Self-Regulated Learning. *Research in Science Education*, 47(1), 95-118.
- HÖBLE, C. (2001): *Moralische Urteilsfähigkeit. Eine Interventionsstudie zur moralischen Urteilsfähigkeit von Schülern zum Thema Gentechnik*. Innsbruck: Studienverlag.
- ISHINO, Y., SHINAGAWA, H., MAKINO, K., AMEMURA, M., & NAKATA, A. (1987): Nucleotide sequence of the *iap* gene, responsible for alkaline phosphatase isozyme conversion in *Escherichia coli*, and identification of the gene product. *Journal of bacteriology*, 169(12), 5429-5433.
- JINEK, M., CHYLINSKI, K., FONFARA, I., HAUER, M., DOUDNA, J., & CHARPENTIER, E. (2012): A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. *Science*, 337(6069), 816-821.
- KASS, L. R. (2003): Ageless bodies, happy souls: Biotechnology and the pursuit of perfection. *The New Atlantis*, 1, 9-28.
- KMK. (2004): *Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004*. München: Luchterhand.
- KRAUSE, U.-M., & STARK, R. (2016): Förderung soziomoralischen Lernens: Vergleich zweier Unterrichtsansätze. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 63(2), 81-90.
- KUCKARTZ, U. (2007): *Einführung in die computergestützte Analyse qualitativer Daten*. Heidelberg: Springer Verlag.
- LEDFORD, H. (2015): CRISPR - The Disruptor. *Nature*, 522(7554), 20-24.
- LIANG, P., XU, Y., ZHANG, X., DING, C., HUANG, R., ZHANG, Z., et al. (2015): CRISPR/Cas9-mediated gene editing in human triploid zygotes. *Protein Cell*, 6(5), 363-372.
- MA, H., MARTI-GUTIERREZ, N., PARK, S.-W., WU, J., LEE, Y., SUZUKI, K., et al. (2017): Correction of a pathogenic gene mutation in human embryos. *Nature*, 548, 413-419.
- MAYRING, P. (2015): *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. Weinheim: Beltz Verlag.
- MITTELSTEN SCHEID, N. (2008): *Niveaus von Bewertungskompetenz. Eine empirische Studie im Rahmen des Projektes "Biologie im Kontext"*. Tönning: Der andere Verlag.
- MITTELSTEN SCHEID, N., & HÖBLE, C. (2007): Bewerten im Biologieunterricht: Niveaus von Bewertungskompetenz. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 6, 87-104.
- MORRIS, S. B. (2008): Estimating Effect Sizes From Pretest-Posttest-Control Group Designs. *Organizational Research Methods*, 11(2), 364-386.

- PFÜTZNER, T. (2018): *Chinesische Forscher werden mit ihren Bedenken alleingelassen*. Abgerufen am: 28.11.2018, unter: <https://www.welt.de/politik/ausland/article184574106/Bioethiker-Ole-Doering-ueber-genmanipulierte-Babys-in-China.html>.
- PORTEUS, M. (2016): Genome Editing: A New approach to human therapeutics. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 56, 163-190.
- REITSCHERT, K. (2009): *Ethisches Bewerten im Biologieunterricht. Eine qualitative Untersuchung zur Strukturierung und Ausdifferenzierung von Bewertungskompetenz in bioethischen Sachverhalten bei Schülern der Sekundarstufe I*. Hamburg: Dr. Kovac.
- REITSCHERT, K., & HÖBLE, C. (2006): Die Struktur von Bewertungskompetenz. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 5, 99-114.
- ROSSANT, J. (2018): Gene editing in human development: ethical concerns and practical applications. *Development*, 145(16), 150888.
- STEFFEN, B., & HÖBLE, C. (2015): Diagnose vom Bewertungskompetenz durch Biologielehrkräfte - Negieren eigener Fähigkeiten oder Bewältigen einer Herausforderung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21(1), 155-172.
- VISSER, E. (2014): *Die Diagnose der Bewertungskompetenz durch schriftliche Aufgaben im Biologieunterricht*. Hamburg: Dr. Kovac.
- WEIß, S., & PASEMANN, K. (2018): *Genmanipulierte Babys geboren?* Abgerufen am: 28.11.2018, unter: <https://www.tagesschau.de/ausland/babys-geklont-101.html>.
- ZHAI, X., NG, V., & LIE, R. (2016): No ethical divide between China and the West in human embryo research. *Developing World Bioethics*, 16(2), 116-120.
- ZILLMANN, H., & KAUFMANN, M. (2018): Ethische Dimensionen der Genom-Editierung, buen vivir und die tiefenökologische Bewegung. In S. MÜLLER, & H. ROSENAU, *Stammzellen - iPS-Zellen - Genomeditierung*. Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft, 313-328.

