

Ethische Bewertungskompetenz von Jugendlichen zu den Möglichkeiten der Genom-Editierung

Von der Fakultät der Mathematik und Naturwissenschaften Carl-von-Ossietzky
Universität Oldenburg zur Erlangung des Grades und des Titels einer
Doktorin philosophiae (Dr. phil.) angenommene Dissertation

von Laura Maria Heinisch

geboren am 08. Oktober 1991 in Herdecke

Betreuende Gutachterin: Prof. Dr. Corinna Hößle
Zweite Gutachterin: Prof. Dr. Ulrike-Marie Krause
Tag der Disputation: 19.04.2022

Der Menschheit Würde ist in eure Hand gegeben.

Bewahret sie!

Sie sinkt mit euch, mit euch wird sie sich heben.

FRIEDRICH SCHILLER, *Die Künstler* (1788)

Danksagung

Die Jahre einer Promotion sind eine aufregende und lehrreiche Zeit, die mit vielen Höhen und Tiefen verbunden. Aus diesem Grund möchte ich mich bei allen, die zur Entstehung dieser Arbeit beigetragen haben, bedanken.

Zuerst gilt ein Dank aufgrund ihrer vielseitigen Unterstützung meiner Doktormutter und Erstgutachterin Prof. Dr. Corinna Hößle. Durch ihre konstruktive Kritik ermutigte sie mich immer zur Höchstleistung und ermöglichte mir so einen breiten Kompetenzzuwachs.

Ebenfalls von großer Bedeutung war die Unterstützung meiner Zweitgutachterin Prof. Dr. Ulrike-Marie Krause. Die vielen gewinnbringenden Treffen, in denen das Design der Studie aber auch die Struktur der Arbeit diskutiert wurden, haben mich immer wieder aufs Neue motiviert.

Zudem gilt auch ein Dank der AG Biologiedidaktik. Besonders Dr. Wiebke Rathje hat mir immer wieder beratend zur Seite gestanden.

Ohne die tröstende und motivierende Freundschaft meiner Mitdoktorandinnen Antje de Beer und Bianca Kuhleemann wäre ich so manches Mal verloren gewesen. Vielen Dank euch beiden.

Für die hilfreichen Korrekturen dieser Arbeit danke ich Karolin Homeier und Dr. Timo Feierabend. Auch weiteren KollegInnen der Graf-Friedrich-Schule in Diepholz (insbesondere Theresa Schachtsiek und Dr. Michael Budke) gilt ein Dank für die Unterstützung in der letzten Phase der Entstehung der Arbeit.

Weiterhin danke ich auch den Lehrkräften und SchülerInnen der Helene-Lange-Schule in Oldenburg sowie des Gymnasiums in Lönigen. Darüber hinaus gilt Andre Pallocks, Petra Roloff, Christine Trotzky und Winfried Loy ein besonderer Dank für die Möglichkeit, meine Studie mit ihren Schülern des Lothar-Meyer-Gymnasiums in Varel durchführen zu können. Auch den SchülerInnen dieser Schule sei für die Mitarbeit gedankt. An dieser Stelle ist für ihr Engagement und die Koordination an der Schule Anne Sand hervorzuheben.

Des Weiteren danke ich meinem Verlobten Niklas Remmers für die Unterstützung in allen Lebenslagen.

Auch meine Mutter und mein Bruder haben durch ihre Korrekturen zum Entstehen dieser Arbeit beigetragen. Ich danke euch und auch meinem Vater für die Unterstützung, die ihr mir mein ganzes Leben lang zuteil werden lassen habt.

Ein letzter Dank gilt Asha, die tagelang neben mir auf dem Stuhl ausgeharrt hat.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung	4
2.1	Genom-Editierung – Neue Möglichkeiten in der Gentechnik	4
2.1.1	Die Methode der Genom-Editierung	4
2.1.2	CRISPR/Cas9 – Revolution der Gentechnologie	5
2.1.2.1	Entdeckung und Funktion	6
2.1.2.2	Anwendungen von CRISPR/Cas9 im medizinischen Bereich	11
2.2	Bioethische Diskussion um die keimbahnverändernde Genom-Editierung	16
2.2.1	Ethische Problematik	16
2.2.2	Handlungsoptionen	17
2.2.3	Normative Aspekte	19
2.2.3.1	Autonomie	19
2.2.3.2	Gesundheit	21
2.2.3.3	Gerechtigkeit	22
2.2.3.4	Leidverringerung/Wohl des Menschen	24
2.2.3.5	Sicherheit	24
2.2.3.6	Fortschritt	25
2.2.3.7	Identität/Individualität	26
2.2.3.8	Natürlichkeit	26
2.2.3.9	Freiheit	27
2.2.3.10	Verantwortung	28
2.2.3.11	Liebe	28
2.2.3.12	Würde des Menschen	29
2.2.4	Perspektiven und Folgen	31
2.2.4.1	Realistische Folgen	31
2.2.4.2	Unrealistische Folgen	33
2.2.5	Nationale und internationale Richtlinien zur klinischen Anwendung	33
2.2.5.1	Rechtliche Richtlinien	34
2.2.5.2	Stellungnahmen der nationalen und internationalen Ethikkommissionen	36
2.2.6	Stand der Forschung – Einstellungen zur Genom-Editierung	41

Inhaltsverzeichnis

2.2.7	Zusammenfassung der bioethischen Debatte	42
2.3	Bewertung bioethischer Konflikte im Unterricht	47
2.3.1	Socioscientific Issues	47
2.3.2	Bildungsstandards im Fach Biologie	49
2.3.3	Bewertungskompetenz im Fach Biologie	50
2.3.3.1	Modelle der Bewertungskompetenz	53
2.3.3.2	Sechs Schritte der moralischen Urteilsbildung im Biologieunterricht	62
2.3.4	Stand der biodidaktischen Forschung	64
3	Fragestellungen	72
4	Forschungsdesign und Methodik	74
4.1	Begründung des Forschungsdesign	74
4.2	Erhebungsverfahren	77
4.2.1	Der qualitative Fragebogen	78
4.2.2	Aufbau des qualitativen Fragebogens	80
4.3	Durchführung der Studie	82
4.3.1	Stichprobe	83
4.3.2	Inhalte der Interventionen	84
4.3.2.1	Didaktisch-methodische Überlegungen zu der Genom-Editierung	85
4.3.2.2	Didaktisch-methodische Überlegungen zum ethischen Bewerten	88
4.3.3	Vorstudien zur Qualitätssicherung der Ergebnisse	90
4.3.4	Besonderheiten während der Durchführung	91
4.4	Auswertung der Ergebnisse	93
4.4.1	Datenaufbereitung	93
4.4.2	Die Datenauswertung mittels qualitativer Inhaltsanalyse	94
4.4.3	Induktive Kategorienbildung	96
4.4.4	Deduktive Kategorienbildung	97
5	Darstellung der Ergebnisse	102
5.1	Wie verändert sich die Wahrnehmung der Relevanz des dargestellten Dilemmas?	103
5.1.1	Gruppe Fachwissen und Bewertung	103
5.1.2	Gruppe Bewertung	106
5.1.3	Gruppe Fachwissen	108
5.1.4	Kontrollgruppe	110
5.1.5	Vergleich der Gruppen	112
5.2	Wie entwickelt sich das Erkennen und Nennen von ethischen Werten?	115
5.2.1	Gruppe Fachwissen und Bewertung	115
5.2.2	Gruppe Bewertung	118

Inhaltsverzeichnis

5.2.3	Gruppe Fachwissen	121
5.2.4	Kontrollgruppe	122
5.2.5	Vergleich der Gruppen	124
5.3	Wie verändert sich die Begründung des eigenen Urteils?	127
5.3.1	Gruppe Fachwissen und Bewertung	128
5.3.2	Gruppe Bewertung	131
5.3.3	Gruppe Fachwissen	134
5.3.4	Kontrollgruppe	136
5.3.5	Vergleich der Gruppen	138
6	Diskussion der Ergebnisse	142
6.1	Wie verändert sich die Wahrnehmung der Relevanz des dargestellten Dilemmas?	142
6.1.1	Gruppe Fachwissen und Bewertung	143
6.1.2	Gruppe Bewertung	145
6.1.3	Gruppe Fachwissen	147
6.1.4	Kontrollgruppe	148
6.1.5	Vergleichende Diskussion	150
6.2	Wie entwickelt sich das Erkennen und Nennen von ethischen Werten?	153
6.2.1	Gruppe Fachwissen und Bewertung	153
6.2.2	Gruppe Bewertung	156
6.2.3	Gruppe Fachwissen	158
6.2.4	Kontrollgruppe	160
6.2.5	Vergleichende Diskussion	161
6.3	Wie verändert sich die Begründung des eigenen Urteils?	165
6.3.1	Gruppe Fachwissen und Bewertung	165
6.3.2	Gruppe Bewertung	168
6.3.3	Gruppe Fachwissen	169
6.3.4	Kontrollgruppe	170
6.3.5	Vergleichende Diskussion	171
6.4	Didaktischer Ertrag für den Biologieunterricht	175
6.5	Methodendiskussion	177
7	Ausblick	180
	Literaturverzeichnis	182
A	Anhang	X
A.1	Fragebogen der Studie	X
A.2	Unterrichtsmaterialien zur Genom-Editierung	XVI
A.3	Unterrichtsmaterial zum ethischen Bewerten	XXII
A.4	Pseudonyme der Teilnehmenden	XXVII
A.5	Zusammenfassung/Summary	XXIX

Abbildungsverzeichnis

2.1	CRISPR-Locus schematisch dargestellt.	7
2.2	Aufbau des CRISPR/Cas9-Systems in Bakterien und Archaeen.	8
2.3	Aufbau des CRISPR/Cas9-Systems zum Einsatz zur Genom-Editierung in beliebigen Zelltypen.	9
2.4	Reparaturmechanismen in einer Zelle zur Reparatur von DNA-Doppelstrangbrüchen im Vergleich.	10
2.5	Theoretischer Verlauf einer somatischen Gentherapie bei Leukämie mit Hilfe der Genom-Editierung.	12
2.6	Theoretischer Verlauf einer Keimbahntherapie bei einer familiären Leukämie mit Hilfe der Genom-Editierung.	14
2.7	Entscheidungsbaum des Deutschen Ethikrates zur Anwendung der Genom-Editierung.	38
2.8	Die Kompetenzbereiche des Faches Biologie.	50
2.9	Teilkompetenzen der Bewertungskompetenz	54
4.1	Quasi-experimentelles Design der Interventionsstudie.	76
4.2	Grafik zur Aktivierung des genetischen Vorwissens.	86
4.3	Geplantes Tafelbild sowie Musterlösung des Fließdiagramms.	87
4.4	Ablaufmodell induktiver Kategorienbildung.	97
4.5	Ablaufmodell der deduktiven Kategorienbildung.	98
5.1	Niveaustufenverteilungen bei der Teilkompetenz <i>Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz</i> der Gruppe FBW.	104
5.2	Niveaustufenverteilungen bei der Teilkompetenz <i>Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz</i> der Gruppe BW.	107
5.3	Niveaustufenverteilungen bei der Teilkompetenz <i>Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz</i> der Gruppe F.	109
5.4	Niveaustufenverteilungen bei der Teilkompetenz <i>Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz</i> der Gruppe K.	111
5.5	Niveaustufenverteilungen bei der Teilkompetenz <i>Beurteilen</i> der Gruppe FBW.	116
5.6	Niveaustufenverteilungen bei der Teilkompetenz <i>Beurteilen</i> der Gruppe BW.	119
5.7	Niveaustufenverteilungen bei der Teilkompetenz <i>Beurteilen</i> der Gruppe F.	121
5.8	Niveaustufenverteilungen bei der Teilkompetenz <i>Beurteilen</i> der Gruppe K.	123

Abbildungsverzeichnis

- 5.9 Niveaustufenverteilungen bei der Teilkompetenz *Urteilen* der Gruppe FBW. 129
- 5.10 Niveaustufenverteilungen bei der Teilkompetenz *Urteilen* der Gruppe BW. 132
- 5.11 Niveaustufenverteilungen bei der Teilkompetenz *Urteilen* der Gruppe F. . 135
- 5.12 Niveaustufenverteilungen bei der Teilkompetenz *Urteilen* der Gruppe K. . 137

Tabellenverzeichnis

2.1	Gegenüberstellung der Merkmale einer Keimbahntherapie und einer somatischen Gentherapie.	13
2.2	Pro- und Contra-Argumente zum vollständigen Verbot.	43
2.3	Pro- und Contra-Argumente zur Erlaubnis in der Forschung oder in Ausnahmefällen.	44
2.4	Pro- und Contra-Argumente zur vollständigen Erlaubnis.	45
2.5	Niveaustufenkonkretisierung der Teilkompetenz <i>Wahrnehmen und Bewusstmachen der eigenen Einstellung</i>	54
2.6	Niveaustufenkonkretisierung der Teilkompetenz <i>Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz</i>	55
2.7	Niveaustufenkonkretisierung der Teilkompetenz <i>Beurteilen</i>	55
2.8	Niveaustufenkonkretisierung der Teilkompetenz <i>Folgenreflexion</i>	56
2.9	Niveaustufenkonkretisierung der Teilkompetenz <i>Urteilen</i>	56
2.10	Niveaustufenkonkretisierung der Teilkompetenz <i>Ethisches Basiswissen</i>	57
2.11	Niveaustufenkonkretisierung der Teilkompetenz <i>Perspektivenwechsel</i>	57
2.12	Niveaustufenkonkretisierung der Teilkompetenz <i>Argumentieren</i>	57
2.13	Zusammenfassung des aktuellen Forschungsstandes.	69
4.1	Versuchsgruppenaufteilung nach dem 2x2-faktoriellen Design.	77
4.2	Arbeitsabläufe in den Versuchsgruppen.	77
4.3	Anzahl der Probanden in den einzelnen Versuchsgruppen.	84
4.4	Wertepool aus der Intervention.	89
4.5	Deduktive Kategorien der Teilkompetenz <i>Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz</i>	99
4.6	Deduktive Kategorien der Teilkompetenz <i>Beurteilen</i>	100
4.7	Deduktive Kategorien der Teilkompetenz <i>Urteilen</i>	101
5.1	Häufigkeiten der Textstellen der Niveaustufen zur Teilkompetenz <i>Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz</i>	103
5.2	Häufigkeiten der Textstellen der Niveaustufen zur Teilkompetenz <i>Beurteilen</i>	115
5.3	Häufigkeiten der Textstellen der Niveaustufen zur Teilkompetenz <i>Urteilen</i>	127
5.4	Entscheidung der Jugendlichen bezüglich eines Einsatzes der keimbahnverändernden Genom-Editierung.	128

Abkürzungsverzeichnis

CRISPR	Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats
Cas9	CRISPR associated Protein 9
crRNA	CRISPR RNA
tracrRNA	trans-activating CRISPR RNA
PAM	protospacer adjacent motif
sgRNA	single guide RNA
NHEJ	nonhomologous end joining
HDR	homologe direkte Reparatur
ZFN	Zinkfinger-Nukleasen
TALEN	transcription activator-like effector Nukleasen
IVF	in-vitro Fertilisation
PID	Präimplantationsdiagnostik
ESchG	Embryonenschutzgesetz
SKIP-Argumente	Spezies-, Kontinuitäts-, Identitäts- und Potentialitätsargumente
Art.	Artikel
Abs.	Absatz
GG	Grundgesetz
UN	United Nations/ Vereinte Nationen
EU	Europäische Union
SSI	Socioscientific Issues
KMK	Kultusministerkonferenz
ESNaS	Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften für die Sekundarstufe I
FBW	Gruppe Fachwissen und Bewertung
BW	Gruppe Bewertung
F	Gruppe Fachwissen
K	Kontrollgruppe

1 Einleitung

*Bald drängten sich die staunenden Barbaren
Zu diesen neuen Schöpfungen heran.
Seht, riefen die erfreuten Scharen,
Seht an, das hat der Mensch getan!*
FRIEDRICH SCHILLER, *Die Künstler* (1788)

Durch Genom-Editierung mittels CRISPR/Cas9 können in absehbarer Zukunft somatische Gentherapien und Eingriffe in die menschliche Keimbahn möglich werden. Diese Therapien stellen eine Heilung von Krankheiten wie zum Beispiel Leukämie oder anderen genetischen Erkrankungen in Aussicht. Damit wecken die Methoden der Genom-Editierung große Hoffnungen und berühren gleichzeitig zentrale ethische Werte, indem die Frage nach der Menschenwürde und dem Grundrechtstatus des Embryos in den Fokus der ethischen Betrachtung rücken (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019). Im Rahmen der öffentlichen Debatte spielen die ethischen Bewertungskompetenzen junger Menschen eine entscheidende Rolle, da sie die zukünftigen Anwender der Genom-Editierung sein könnten.

Die Entwicklung neuer Biotechnologien wie der Genom-Editierung erfordert eine ethische Reflexion der Chancen und Risiken mit dem Ziel einer gesellschaftlichen Verträglichkeit. Viele Filme und Bücher des Science-Fiction Genres behandeln Folgen eines achtlosen Umgangs mit neuen Technologien und Therapien zur Anwendung am Menschen (KASS, 2003). Eine Schöpfung des Menschen durch Methoden wie der Genom-Editierung ist zwar im Bereich des Möglichen (CYRANOSKI & LEDFORD, 2018), aber noch stark umstritten. Auch wenn die Forschung mit diesen neuen Technologien in erster Linie das Ziel verfolgt schwere Krankheiten zu heilen, werden eine Reihe ethischer Fragen aufgeworfen, die keine eindeutige Antwort ermöglichen. Hierbei wird besonders die keimbahnverändernde Genom-Editierung diskutiert, da diese generationsübergreifende Folgen haben kann.

Der Biologieunterricht steht deshalb in der Verantwortung, diese bioethischen Themen ebenfalls zu reflektieren. Die KULTUSMINISTERKONFERENZ (2004) fordert für das Fach Biologie im Bereich der Bewertung unter anderem das Erschließen neuer Sachverhalte in Anwendungsgebieten der modernen Biologie, um die Schülerinnen und Schüler¹ auf

¹Im Folgenden wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum für alle im Verlauf der Arbeit auftretenden Personenkreise verwendet.

1 Einleitung

die Teilnahme an gesellschaftlich kontrovers geführten Diskursen vorzubereiten. Dazu sollen ethische Grundlagen vermittelt und diese exemplarisch an Themen wie der genetischen Veränderung des Menschen oder der Forschung an Embryonen in den Unterricht integriert werden (KMK, 2004). Die Thematisierung der Embryonenforschung und der genetischen Veränderung von Menschen ermöglicht das Abwägen von Chancen und Risiken für einen Einsatz der Genom-Editierung. Darüber hinaus werden auch andere Anwendungen der Genom-Editierung mit CRISPR/Cas9 diskutiert, die in den Biologieunterricht integriert werden könnten. Beispielsweise werden die Ausrottung der Anopheles-Mücke, die als Überträgerin von Malaria gilt, der Einsatz der Methode als biologische Waffe, die genetischen Veränderung von Pflanzen aber auch die Kreierung von Designer-Menschen möglich (BALTIMORE et al., 2015). Nicht nur aufgrund ihrer Aktualität und der Vielzahl an Anknüpfungspunkten eignet sich die Genom-Editierung für den Unterricht zur Förderung der Bewertungskompetenz. Vielmehr gibt es wenige neue Technologien, die aufgrund ihrer weitreichenden Möglichkeiten so ambivalent gesehen werden wie die Genom-Editierung (COHEN, 2019; COLLER, 2019; DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019; LANDER et al., 2019). Allerdings hat sich in früheren Studien gezeigt, dass die ethische Bewertungskompetenz bei Schülern weniger ausdifferenziert ist, als von der KMK gefordert (MITTELSTEN SCHEID & HÖSSLE, 2007; REITSCHERT, 2009).

Es ist ein Ziel der darzustellenden Studie, zu erfassen, wie eine Förderung der Bewertungskompetenz am Kontextthema der keimbahnverändernden Genom-Editierung gelingen kann. Auf Grundlage dieser Ergebnisse können Leitlinien für den Biologieunterricht sowohl zur Förderung der Bewertungskompetenz anhand bioethischer Konflikte als auch zur Berücksichtigung der Genom-Editierung erstellt werden.

Zur Klärung dieser Fragen werden im Verlauf dieser Arbeit in Kapitel 2.1 die fachlichen Grundlagen der Genom-Editierung erläutert. Dabei ist sowohl die Genom-Editierung an sich als auch das Werkzeug CRISPR/Cas9 Inhalt dieses Kapitels. Abschließend werden mögliche Therapieformen am Menschen, wie die somatische Gentherapie, aber auch die Keimbahntherapie aufgezeigt.

Aufbauend auf den fachlichen Grundlagen bezieht sich Kapitel 2.2 auf die aktuelle bioethische Diskussion über die Anwendung einer keimbahnverändernden Genom-Editierung. Innerhalb dieses Kapitels werden neben der ethischen Problematik auch rechtliche Richtlinien aus dem nationalen und internationalen Raum vorgestellt.

Abschließend werden die Möglichkeiten einer Implementation der Genom-Editierung in den Biologieunterricht vorgestellt. In diesem Zuge werden die Bildungsstandards des Faches Biologie und bekannte Modelle zur Bewertungskompetenz aus der Biologiedidaktik vorgestellt und verglichen (EGGERT & BÖGEHOLZ, 2006; HOSTENBACH, 2011; REITSCHERT, 2009). Zuletzt wird der aktuelle Stand der biologiedidaktischen Forschung, die für die vorliegende Studie von Relevanz ist, zusammengefasst.

Nach der Herleitung der Fragestellungen in Kapitel 3 beschreibt Kapitel 4 das Forschungsdesign und die Methodik der Studie. Dabei werden sowohl der qualitative Fragebogen als Erhebungsinstrument als auch die geplanten Interventionen vorgestellt. Zusätzlich kommt es zu einer Begründung des gewählten qualitativen Studiendesigns

1 Einleitung

und der qualitativen Auswertungsmethode.

Daraufhin werden die Ergebnisse der Studie in Kapitel 5 dargestellt, wobei dieses Kapitel die zuvor aufgestellten Fragestellungen systematisch beantwortet. Dabei kommt es zu einer Darstellung von sowohl induktiv als auch deduktiv gewonnenen Ergebnissen. Anschließend gilt es, diese Ergebnisse in Kapitel 6 zu diskutieren und somit Schlussfolgerungen aus den Ergebnisse herauszuarbeiten. Diese werden durch die Bildung von Leitlinien für den Biologieunterricht im Hinblick auf das Thema der Genom-Editierung und hinsichtlich des Bewertens bioethischer Konflikte zusammengefasst. Bevor in Kapitel 7 ein Ausblick über offene Forschungsfragen gegeben wird, diskutiert Kapitel 6 abschließend die Methodik der vorliegenden Studie.

Die Studie gibt Hinweise auf die vorherrschenden Kompetenzniveaus der Schüler sowie auf eine mögliche Veränderung der Bewertungskompetenz durch eine Intervention. Dabei stellen auch die Urteile der Jugendlichen an sich ein wichtiges Ergebnis dar, um eine Einschätzung über die Bewertung der Genom-Editierung zu ermöglichen.

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

2.1 Genom-Editierung – Neue Möglichkeiten in der Gentechnik

Die Veränderung des Genoms von Pflanzen oder Tieren spielt schon seit langer Zeit eine Rolle in der Züchtung und Forschung (LUGER et al., 2017). Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten, in das Genom von Pflanzen oder Tieren einzugreifen. In diesem Kapitel soll vor allem die **Genom-Editierung als ortsgerichtete Methode** zur Veränderung der DNA eines Organismus vorgestellt werden (JINEK et al., 2012). Dabei wird auch das neueste Werkzeug der Genom-Editierung – das **CRISPR/Cas9-System** – vorgestellt und näher erläutert.

2.1.1 Die Methode der Genom-Editierung

Ungerichtete Methoden zur Veränderung der DNA mit Hilfe von chemischen Substanzen oder radioaktiven Strahlungen haben ein ungewisses Ergebnis, das beispielsweise die Züchtung von ertragreicheren Pflanzen langwierig gestaltet (LUGER et al., 2017). Eine neue Möglichkeit, gezielte Veränderung in der DNA von Pflanzen oder Tieren vornehmen zu können, verändert den Fokus der heutigen Gentechnik. Dabei gewinnen die Methoden der Genom-Editierung seit einigen Jahren immer mehr an Bedeutung (BALTIMORE et al., 2015; KNOTT & DOUDNA, 2018; PORTEUS, 2016; SAVIC & SCHWANK, 2016). Durch die Genom-Editierung können Erkenntnisse über den Zusammenhang von Genotyp und Phänotyp genutzt und somit gezielt Gene ausgeschaltet oder verändert werden. Die neueste Methode der Genom-Editierung, das CRISPR/Cas9-System, „kann so präzise wie ein Skalpell am OP-Tisch im Genom Nukleotid-genaue Veränderungen verursachen“ (WÜNSCHIERS, 2019, S. 15). Daher wird in diesem Zusammenhang auch von **Genom-Chirurgie** gesprochen. Der bis heute gebräuchlichere wissenschaftliche Begriff ist allerdings Genom-Editierung, angelehnt an den genetischen Code (WÜNSCHIERS, 2019).

Von der Genom-Editierung verspricht man sich, vielfältiger Probleme in der Welt lösen zu können (BALTIMORE et al., 2015; BOREL, 2017; MAGUIRE et al., 2019; PORTEUS, 2016). Beispielsweise wird in Bereichen der Grünen Gentechnik geforscht, um Reis weniger anfällig für Rußtau und Blattbrand zu züchten (BOREL, 2017). So könnten Ernteerträge erhöht und der Einsatz von Pestiziden verringert werden. Aber nicht nur in der Grünen Gentechnik findet die Genom-Editierung Anwendung. Auch in den Bereichen der Roten Gentechnik, die Anwendungen in der Medizin und Pharmazie beschreibt, erscheint die Genom-Editierung als geeignete Methode, um erblich bedingte Krankheiten schon vor ihrem Ausbruch heilen zu können (KHADEMPAR et al., 2019; SAVIC & SCHWANK, 2016). Darüber hinaus sollen durch die genetische Veränderung der Malaria- und der Zika-Mücke Malaria und das Zika-Virus ausgerottet werden (BUCHMAN et al., 2019; HAMMOND et al., 2016). Den weiteren Anwendungsmöglichkeiten der Genom-Editierung scheinen kaum Grenzen gesetzt zu sein (BARRANGOU & DOUDNA, 2016). Doch bevor diese Möglichkeiten näher erläutert werden, sollte zunächst die Frage geklärt werden, wie eine Genom-Editierung ablaufen kann. Dazu werden das neueste Werkzeug der Genom-Editierung und seine Anwendung in medizinischen Bereichen der Roten Gentechnik vorgestellt. Im folgenden Verlauf dieser Arbeit wird sich hauptsächlich auf die Rote Gentechnik bezogen, da diese Gegenstand der vorgestellten qualitativen Studie ist.

2.1.2 CRISPR/Cas9 – Revolution der Gentechnologie

Seit im Jahr 2012 die Wissenschaftlergruppen um Emanuelle Charpentier und Jennifer Doudna einen genetischen Mechanismus entdeckten, der auf einfache und präzise Weise eine Veränderung des Genoms von Menschen, Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen ermöglicht, hat dieser das Feld der Gentechnologie revolutioniert (JINEK et al., 2012; KHADEMPAR et al., 2019). Im Jahre 2020 erhielten die Wissenschaftlerinnen für diese Entdeckung sogar den Nobelpreis im Fachbereich der Chemie (THE NOBEL PRIZE OUTREACH, 2021). Das als **CRISPR/Cas9** (kurz für: **Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats/CRISPR associated Protein 9**) bezeichnete molekulargenetische System ist seitdem kaum aus gentechnischen Laboren wegzudenken (KHADEMPAR et al., 2019; LEDFORD, 2015). Doch warum ist dieses Werkzeug so besonders? Welche Vorteile hat es gegenüber den herkömmlichen Methoden? Diese Fragen werden in den folgenden Abschnitten geklärt.

2.1.2.1 Entdeckung und Funktion

Bevor die Funktion des CRISPR/Cas9-Systems in der Gentechnik näher erläutert werden kann, wird zuerst ein kurzer Rückblick über die Entdeckung und die ursprüngliche Bedeutung des CRISPR/Cas9-Systems gegeben.

Das molekulargenetische System CRISPR/Cas9 stammt ursprünglich aus Bakterien und Archaeen (JINEK et al., 2012). Bereits 1987 wurde es zum ersten Mal beschrieben (ISHINO et al., 1987), allerdings wurden die Namen CRISPR und Cas erst 2002 von einer niederländischen Forschergruppe eingeführt (JANSEN et al., 2002). Der genaue Mechanismus, der einem bakteriellen adaptiven Immunsystem gleichkommt, wurde erst 30 Jahre nach der ersten Beschreibung entdeckt (BARRANGOU et al., 2007). Dieses adaptive Immunsystem ermöglicht es Bakterien und Archaeen, nach einem überlebten Virenangriff Teile des Virenerbguts in ihr eigenes Erbgut einzubauen (ebd.). Dies geschieht an einer bestimmten Stelle im Genom, der als CRISPR-Locus bezeichnet wird (DOUDNA & CHARPENTIER, 2014; JANSEN et al., 2002). Das gebündelte Auftreten von Wiederholungen in einem bestimmten Bereich in der Bakterien DNA ist ursächlich für den Namen CRISPR. Genauer kann unter der Abkürzung Folgendes verstanden werden (BHAYA et al., 2011; JANSEN et al., 2002):

- Clustered (engl. gruppiert) – Die CRISPR-Abschnitte sind auf der DNA von Bakterien und Archaeen nur an einer Stelle zu finden. Dort treten die Wiederholungen (vgl. Stichpunkt „Repeats“) gruppiert in einem als CRISPR-Locus bezeichneten Bereich auf.
- Regularly (engl. regelmäßig) – Die Wiederholungen im CRISPR-Locus sind regelmäßig angeordnet und werden von Zwischenräumen unterbrochen.
- Interspaced (engl. Zwischenraum) – Die regelmäßig angeordneten Wiederholungen besitzen Zwischenräume, in denen die Viren-DNA eingefügt ist.
- Short (engl. kurz) – Die sich wiederholenden Abschnitte sind verglichen mit anderen Genen kurz. So besteht ein Zwischenraum aus 17-21 Basenpaaren und eine Wiederholung aus 21-37 Basenpaaren. Im Vergleich dazu besitzt beispielsweise das zur Hämatopoese benötigte Gen RUNX1 ungefähr 260000 Basenpaare (TAKETANI et al., 2003).
- Palindromic (engl. palindromisch) – Die Wiederholungen sind Palindrome. Palindrome sind Wörter oder Satzteile, die rückwärts und vorwärts gelesen denselben Text oder Sinn ergeben. Somit können die palindromischen Sequenzen auf der Bakterien- oder Archaeen-DNA sowohl von vorne als auch von hinten gelesen werden.

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

- Repeats (engl. Wiederholungen) – Die kurzen, regelmäßig angeordneten, palindromischen Wiederholungen sind hauptsächlich für den Namen CRISPR verantwortlich. Die Repeats besitzen immer die gleichen palindromischen Sequenzen, um so als Erkennungssequenz für DNA-schneidende Proteine wie das Cas9 zu fungieren. In der heutigen Zeit sind allerdings weniger die Wiederholungen von Interesse als die Zwischenräume, denn die auf den Zwischenräumen codierten Bereiche verleihen den Bakterien das adaptive Immunsystem.

Die den CRISPR-Sequenzen vorgeschalteten Bereiche codieren für die CRISPR associated-Proteine (engl. für: mit CRISPR verbundene Proteine). Diese gehören ebenfalls zum CRISPR-Locus (vgl. Abb. 2.1).

Genomic CRISPR locus

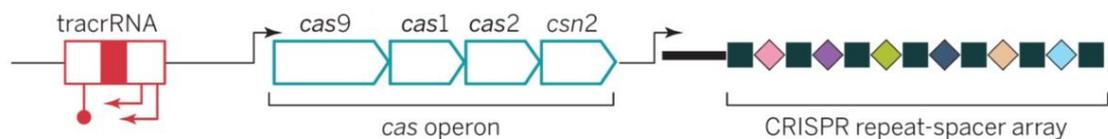


Abbildung 2.1: Schematisch dargestellter CRISPR-Locus mit dem codierenden Bereich für die tracrRNA, die Cas-Proteine (cas operon) und dem Bereich der palindromischen Wiederholungen und der Viren-DNA-Abschnitte (CRISPR repeat-spacer array) (DOUDNA & CHARPENTIER, 2014, S. 1258096-3)

Aufgrund dessen, dass Cas-Proteine innerhalb der DNA schneiden, handelt es sich bei diesen Enzymen um Endonukleasen (HAFT et al., 2005). Besonders universell in seiner Anwendung ist das sogenannte Cas9-Protein, da es nur aus einer Komponente besteht und einen DNA-Doppelstrangbruch verursacht (JINEK et al., 2012). Aus diesem Grund werden funktionell ähnlich wirkende Cas-Proteine in dieser Arbeit vernachlässigt, vielmehr wird auf die Funktion des CRISPR/Cas9-Systems eingegangen.

Die Funktion des CRISPR/Cas9-Systems als adaptives Immunsystem wird erst bei einem erneuten Viren-Angriff aktiv, den das Bakterium zuvor überlebt hat (BARRANGOU et al., 2007). Dabei wird der „passende“ Interspacer aus dem CRISPR-Locus der Bakterien- oder Archaeen-DNA zusammen mit einem Teil der Wiederholungen zu einer **CRISPR-RNA** (kurz: **crRNA**) transkribiert (MAKAROVA et al., 2006). Der Bereich der Wiederholung der crRNA bindet zusammen mit einer sogenannten **trans-activating-CRISPR RNA** (kurz: **tracrRNA**) an ein zuvor translatiertes Cas9-Protein (JINEK et al., 2013). Ohne die tracrRNA besitzt das Cas9-Protein keine Funktion (JINEK et al., 2012). Der vollständige CRISPR/Cas9-Komplex (vgl. Abb. 2.2) fährt daraufhin die Viren-DNA entlang und überprüft die Übereinstimmung zwischen der crRNA und der Viren-DNA (DOUDNA & CHARPENTIER, 2014). „Essentiell für die Induktion des Schnitts ist ein in der Ziel-DNA

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

direkt stromabwärts der Zielsequenz liegendes kurzes Motiv, das **protospacer adjacent motif (PAM)**“ (SCHINDELE et al., 2018, S. 102). Dieses Motiv besteht aus drei Basen: einer beliebigen Base gefolgt von zwei Guanin-Basen (JINEK et al., 2012). Nur wenn das Cas9-Protein auf der Viren-DNA auf eines dieser Motive trifft, überprüft das System die Komplementarität der crRNA und der Viren-DNA (MAKAROVA et al., 2006). Wenn die Abschnitte nicht übereinstimmen, fährt das System den DNA-Strang weiter entlang, bis es zu einer Übereinstimmung kommt. An der passenden Stelle verursacht das Cas9-Protein in der Viren-DNA einen Doppelstrangbruch und macht das Virus somit unschädlich (BARRANGOU et al., 2007). Dabei wird die mit der crRNA gepaarte Seite von der sogenannten **HNH-Domäne** und der freie Strang von der **RuvC-Domäne** des Cas9-Proteins geschnitten. Diese beiden Domänen sind für die Endonukleasenfunktion des Cas9 verantwortlich, wohingegen andere Domänen des Cas9 beispielsweise eine DNA-bindende Funktion haben (DOUDNA & CHARPENTIER, 2014). Beim induzierten Doppelstrangbruch wird genau nach dem dritten Basenpaar nach der obenerwähnten PAM-Sequenz geschnitten (JINEK et al., 2012). Im Anschluss werden alle Bestandteile von der Bakterien- oder Archaeen-Zelle abgebaut (JINEK et al., 2013).

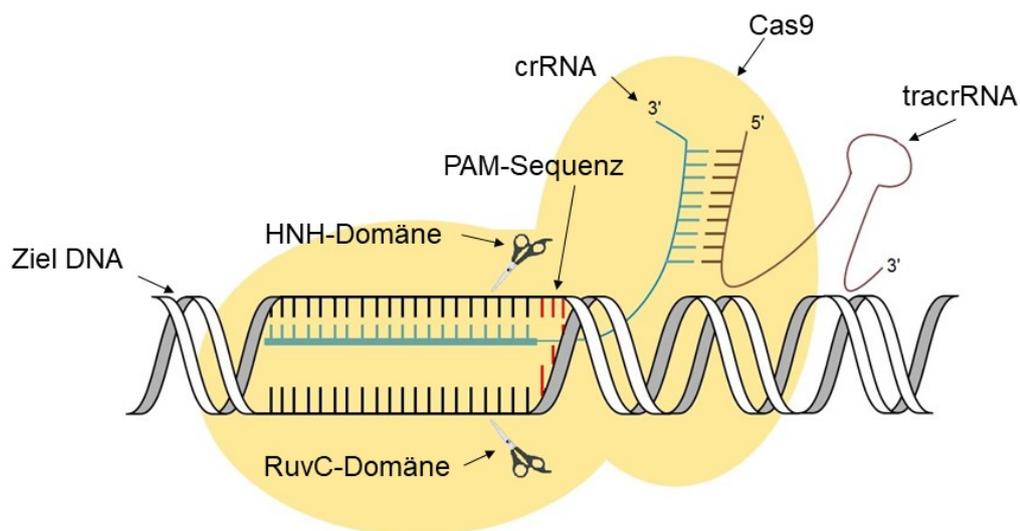


Abbildung 2.2: Aufbau des CRISPR/Cas9-Systems in Bakterien und Archaeen (Abbildung verändert nach: Doudna & Charpentier, 2014).

2012 konnten JINEK et al. zeigen, dass in dieses CRISPR/Cas9-System jede beliebige RNA eingesetzt werden kann. Damit ermöglicht das molekulargenetische System, jede gewünschte Gensequenz in jedem beliebigen Zelltyp zu finden und zu schneiden. Dafür haben die Wissenschaftler die crRNA mit der tracrRNA über einen R-Loop zu einer **single guide RNA** (kurz: **sgRNA**) verbunden (JINEK et al., 2012). „Indem ausschließlich die 20 Nukleotid lange Spacer Sequenz ausgetauscht wird, kann fast jedes beliebige Ziel

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

im Genom adressiert werden“ (SCHINDELE et al., 2018, S. 102).

Das CRISPR/Cas9-System kann auf diese Weise zur Genom-Editierung außerhalb von Bakterien und Archaeen zum Einsatz kommen. Dort werden es als Antwort auf einen DNA-Doppelstrangbruch zelleigene Reparaturmechanismen aktiv, welche die geschnittene DNA reparieren (vgl. Abb. 2.4). Als Ergebnis der Reparatur können Deletionen oder Insertionen auftreten, aber auch das Einfügen ganzer DNA-Abschnitte ist möglich (JINEK et al., 2012; SANDER & JOUNG, 2014).

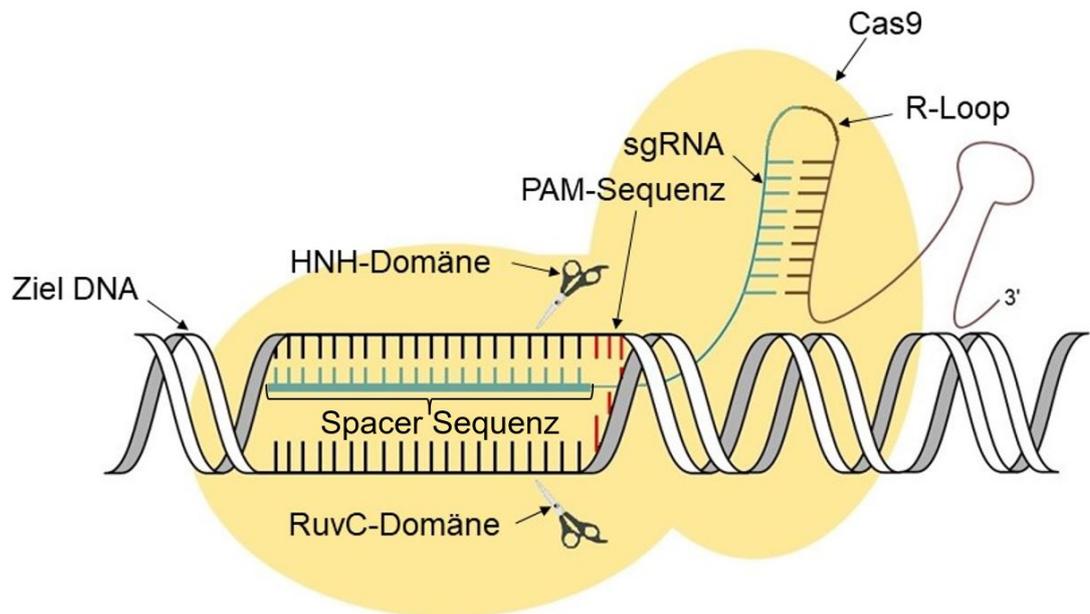


Abbildung 2.3: Aufbau des CRISPR/Cas9-Systems zum Einsatz der Genom-Editierung in beliebigen Zelltypen (Abbildung verändert nach: Doudna & Charpentier, 2014).

Generell wird zwischen zwei unterschiedlichen Reparaturmechanismen unterschieden (vgl. Abb. 2.4). Der **nonhomologous end joining** (kurz: **NHEJ**, Nicht-Homologe Rekombination) Mechanismus fügt die DNA nach einem Doppelstrangbruch einfach wieder zusammen. Dabei können Basenpaare verloren gehen (Deletion) oder neue eingefügt werden (Insertion) (LIU et al., 2019). In einigen Fällen werden die Enden ohne eine Veränderung wieder zusammengefügt (ebd.). Bei dem NHEJ kann „es zur Verschiebung des offenen Leserahmens und damit zur Expression eines nicht funktionellen Proteins kommen“ (SCHINDELE et al., 2018, S. 101). Dabei ist das Ergebnis der Reparatur ungewiss, was je nach Ziel der Genom-Editierung ein Nachteil sein kann. Chancen dieses Mechanismus sind das gezielte Ausschalten von Genen beispielsweise in Knockout-Mäusen, um die Auswirkung des Genotyps auf den Phänotyp eines Organismus zu erforschen (BALTIMORE et al., 2015).

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

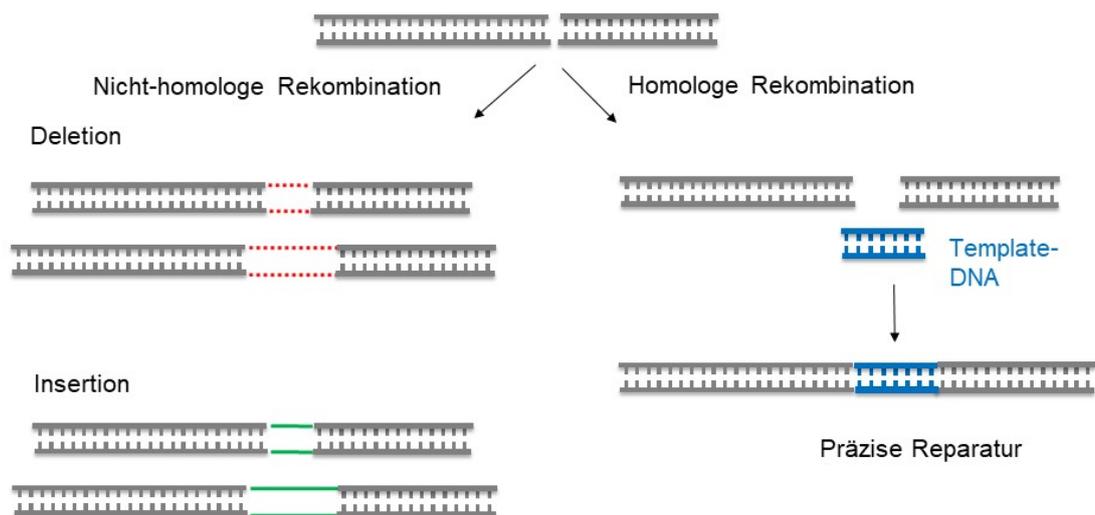


Abbildung 2.4: Die Reparaturmechanismen in einer Zelle zur Reparatur von DNA-Doppelstrangbrüchen im Vergleich (Abbildung verändert nach: SANDER & JOUNG, 2014).

Häufig soll allerdings gezielt eine Gensequenz ausgetauscht werden. Dazu wird ein anderer Reparaturmechanismus genutzt: Die **homologe direkte Reparatur** (kurz: **HDR**) ermöglicht das Einfügen von DNA-Fragmenten, sogenannten DNA-Templates, in den Doppelstrangbruch (JINEK et al., 2013). Dadurch kann eine gezielte Heilung von erblich bedingten Krankheiten schon vor dem Ausbruch erzielt werden (PORTEUS, 2016). Zusätzlich zum CRISPR/Cas9-System kann auch ein DNA-Fragment in die Zelle eingebracht werden (KNOTT & DOUDNA, 2018). So wird beispielsweise die familiäre Leukämie durch eine Mutation auf dem 21. Chromosomen in dem sogenannten RUNX1-Gen verursacht (OSATO, 2004). Theoretisch könnte durch den Doppelstrangbruch mit CRISPR/Cas9 diese Mutation unschädlich gemacht werden und anschließend mit dem HDR-Mechanismus ein nicht mutiertes RUNX1-Gen eingefügt werden. So kann das erhöhte Risiko, eine Leukämie auszubilden, minimiert werden (EGUIZABAL et al., 2019; KHADEMPAR et al., 2019).

Auch schon vor der Entdeckung von CRISPR/Cas9 gab es Möglichkeiten, das Genom von Menschen, Tieren und Pflanzen zu editieren. Die damals verwendeten Werkzeuge, die **Zinkfinger-Nukleasen** (kurz: **ZFN**) und die **Transcription activator-like effector Nukleasen** (kurz: **TALENs**) sind in der Herstellung sehr aufwendig. „Während die Programmierung und der Einsatz von Zinkfinger-Nukleasen und TALENs noch recht umständlich und kostenintensiv sind, kann die CRISPR-Cas9-Methode sehr effizient, zeitsparend und kostengünstig angewendet werden“ (NATIONALE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN, 2015, S. 6). So müssen ZFN und TALENs künstlich hergestellt werden und genau an den zu schneidenden Abschnitt auf der DNA angepasst werden (CATHOMEN & PUCHTA, 2018). Hier liegt einer der entscheidenden Vorteile von CRISPR/

Cas9. Durch die einfache „Umprogrammierung“ des CRISPR/Cas9-Systems, indem die sgRNA durch jede beliebige Sequenz ausgetauscht werden kann, ist eine Veränderung dieses Systems ohne großen Zeitaufwand möglich. Zusätzlich kann es nahezu überall flexibel eingesetzt werden (ADLI, 2018).

Diese schnelle Anwendung von CRISPR/Cas9 stellt ebenso wie seine multiplen Einsatzmöglichkeiten einen wichtigen Punkt in der Debatte über die Verwendung von CRISPR/Cas9 dar (PORTEUS, 2016). So liegt es „nahe, auch die Einsatzmöglichkeiten in der Medizin zu ergründen“ (NATIONALE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN, 2015, S. 10). Aus diesem Grund werden im folgenden Abschnitt ebendiese Einsatzmöglichkeiten vorgestellt.

2.1.2.2 Anwendungen von CRISPR/Cas9 im medizinischen Bereich

CRISPR/Cas9 in der Humanmedizin anzuwenden, ist bisher nur in kleinen klinischen Studien mit Krebserkrankten im Endstadium geschehen. Hierzu wurden zum Beispiel Lungenkrebserkrankten Immunzellen entnommen und so verändert, dass sie die Krebszellen angreifen und bekämpfen sollten (CYRANOSKI, 2016).

Solche Gentherapien, die nur auf einen bestimmten Zelltyp angewendet werden und vor allem bei schon geborenen Menschen stattfinden, werden **somatische Gentherapien** genannt (WÜNSCHIERS, 2019). Dieser Begriff leitet sich von den somatischen Zellen ab, die alle schon differenzierten Körperzellen zusammenfassen (ebd.). Eine somatische Gentherapie hat nur einen Effekt auf eine therapierte Person, da die Keimbahnzellen (Sperma- und Eizellen) durch eine solche Therapie nicht verändert werden. Somit hat es keine Auswirkungen auf nachfolgende Generationen (REICH et al., 2015). Zur Durchführung einer somatischen Gentherapie werden dem Menschen zunächst die zu verändernden Zellen entnommen (vgl. Abb. 2.5). Um beispielsweise eine Leukämie zu heilen, können Blutstammzellen aus dem Knochenmark entnommen werden. Daraufhin werden diese Zellen mit Hilfe von CRISPR/Cas9 und der homologen Reparatur durch das Einfügen eines DNA-Templates editiert. Nach einer Überprüfung des Ergebnisses und einer Kultivierung der gesunden editierten Zellen werden diese Zellen dem Patienten wieder zurückimplantiert. Durch eine solche Therapie können Abstoßungsreaktionen minimiert werden, da anstelle von fremden Blutstammzellen die eigenen Zellen verwendet werden. Somit wäre eine teilweise langwierige Suche nach einem passenden Spender nicht mehr notwendig (EGUIZABAL et al., 2019).

Weitere Studien zur Heilung von bereits ausgebrochenen Krankheiten konzentrieren sich auf die Forschung an AIDS-Infizierten. So wurden schon vor dem Durchbruch mit CRISPR/Cas9 Gentherapien mit Hilfe von Zinkfinger nukleasen durchgeführt, um die für das HI-Virus benötigten Rezeptoren auf den T-Zellen des Immunsystems zu entfernen, sodass eine Infektion verhindert werden konnte (URNOV et al., 2010). Durch den

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

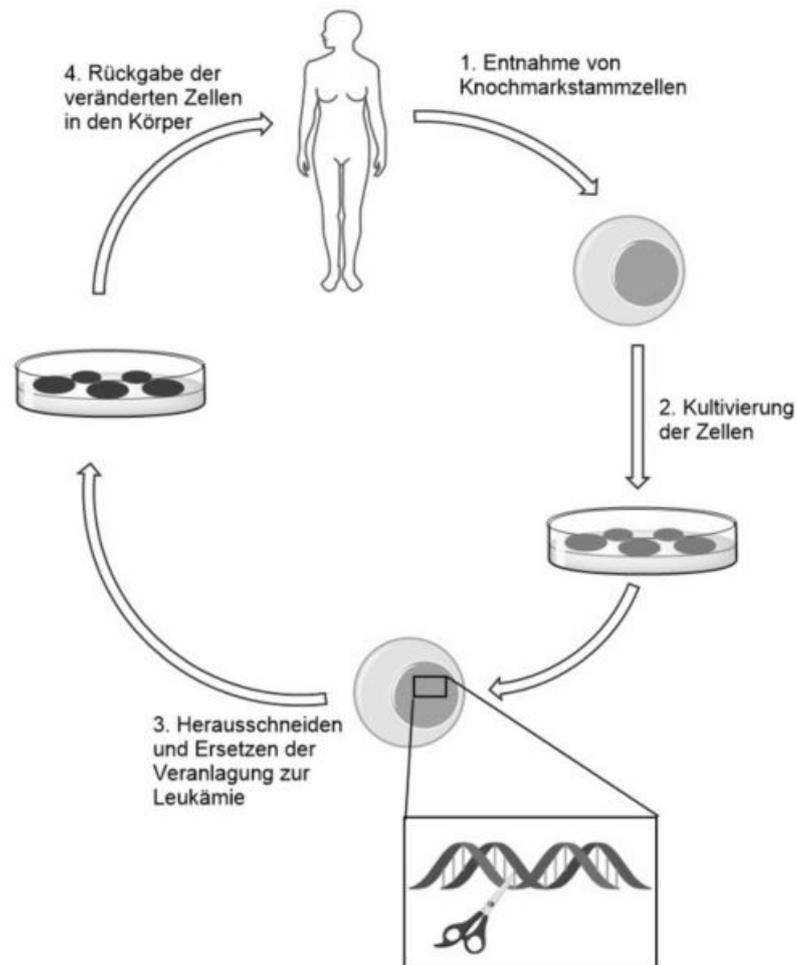


Abbildung 2.5: Theoretischer Verlauf einer somatischen Gentherapie bei Leukämie mit Hilfe der Genom-Editierung (eigene Abbildung).

Einsatz von CRISPR/Cas9 verspricht man sich nicht nur die einfachere Heilung schon Erkrankter, sondern auch die Möglichkeit einer Schutzimpfung vor Neuinfektionen mit dem HI-Virus (EBRAHIMI et al., 2019).

Zukünftig können durch somatische Gentherapien auch noch weitere Krankheiten geheilt werden. Dabei spielt es keine Rolle, ob diese Krankheiten erblich bedingt auftreten oder durch Mutationen im Laufe des Lebens entstanden sind. Es könnte sowohl eine Heilung vor dem Ausbruch einer erblich bedingten als auch eine Heilung von einer bereits existierenden Krankheit ermöglichen (KOFLER & KRASCHEL, 2018). So wird neben der Forschung an unterschiedlichsten Krebsarten auch nach Heilungsmöglichkeiten der Sichelzellanämie, Mukoviszidose oder Muskeldystrophie gesucht (MCCULLOUGH et al., 2018; PORTEUS, 2016; ZHAN et al., 2019). Die meisten Studien zu CRISPR/Cas9 und seiner Anwendung als potentiell Heilmittel befinden sich allerdings noch in der präklinischen Phase und berichten über die Anwendung an Tieren oder Zellkulturen, um die Wirksamkeit sowie Risiken und Nebenwirkungen auszumachen (BARRANGOU & DOUDNA, 2016). Aber nicht nur Krankheiten sind Gegenstand der aktuellen Forschung.

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

Auch an der Optimierung von Stoffwechselforgängen, um beispielsweise schneller Muskulatur aufzubauen oder der Alterung des Körpers entgegenzuwirken oder diese sogar gänzlich zu verhindern, wird geforscht (LANDER, 2015).

Table 2.1: Gegenüberstellung der Merkmale einer Keimbahntherapie und einer somatischen Gentherapie.

Merkmals	Keimbahntherapie	somatische Gentherapie
verwendete Zellen	Keimzellen	differenzierte Körperzellen
Stadium	während der Befruchtung der Eizelle mit Spermazellen	geborener Mensch
Vererbbarkeit	Vererbbar an alle folgenden Generationen	nicht vererbbar
Probleme	off-Target-Effekte, unbekannte Nebenwirkungen und Spätfolgen	

Ein weiteres großes Feld in der humanmedizinischen Forschung ist die **Keimbahntherapie** (vgl. Tab. 2.1). Anders als bei der somatischen Gentherapie werden hier gezielt die Keimzellen während einer *in-vitro* Fertilisation (kurz: **IVF**) verändert, um eine generationenübergreifende Veränderung des Genoms zu bewirken. Gerade Familien mit erblich bedingten Krankheiten, wie beispielsweise der familiären Leukämie, könnten diese Art der Gentherapie nutzen, um die Vererbung der Krankheit zu verhindern (BALTIMORE et al., 2015). Hierbei findet die Genom-Editierung während der Befruchtung der Eizelle in einer Petrischale statt. Der Erfolg wird anschließend mit Hilfe einer **Präimplantationsdiagnostik** (kurz: **PID**) überprüft (vgl. Abb. 2.6). Ist die Genom-Editierung gelungen, wird der Embryo ohne eine Veranlagung zur familiären Leukämie in die Mutter eingesetzt und kann sich dort weiterentwickeln (BALTIMORE et al., 2015). Allerdings zeigen Forschungen an nicht lebensfähigen Embryonen, dass die Erfolgswahrscheinlichkeit der Keimbahntherapie noch sehr gering ist. LIANG et al. haben 2015 in ihrer Studie zur Keimbahntherapie an tripronuklearen Embryonen zur Entfernung einer erblich bedingten β -Thalassämie herausgefunden, dass trotz der vermeintlichen Genauigkeit des CRISPR/Cas9-Systems sogenannte **off-Target-Effekte** (nicht-Ziel-Effekte) auftreten. Diese Effekte werden durch das Schneiden von CRISPR/Cas9 außerhalb der geplanten Sequenz hervorgerufen und haben nicht absehbare Folgen, die letztlich sogar zum Absterben des Embryos führen (LIANG et al., 2015).

Obwohl es zu off-Target-Effekten und weiteren noch unbekannten Nebenwirkungen und Spätfolgen bei der Genom-Editierung kommen kann, fand eine erste Keimbahntherapie bereits statt. Im November 2018 wurden genmanipulierte Zwillinge in China zur Welt gebracht, die immun gegen HIV sein sollen (CYRANOSKI & LEDFORD, 2018). Der verantwortliche chinesische Genetiker Jiankui He steht seitdem in schwerer Kritik, da er ohne hinreichende Risiko-Abschätzung die Genom-Editierung durchgeführt und damit gegen nationales Recht verstoßen hat. Als Reaktion auf diesen Skandal entzog

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

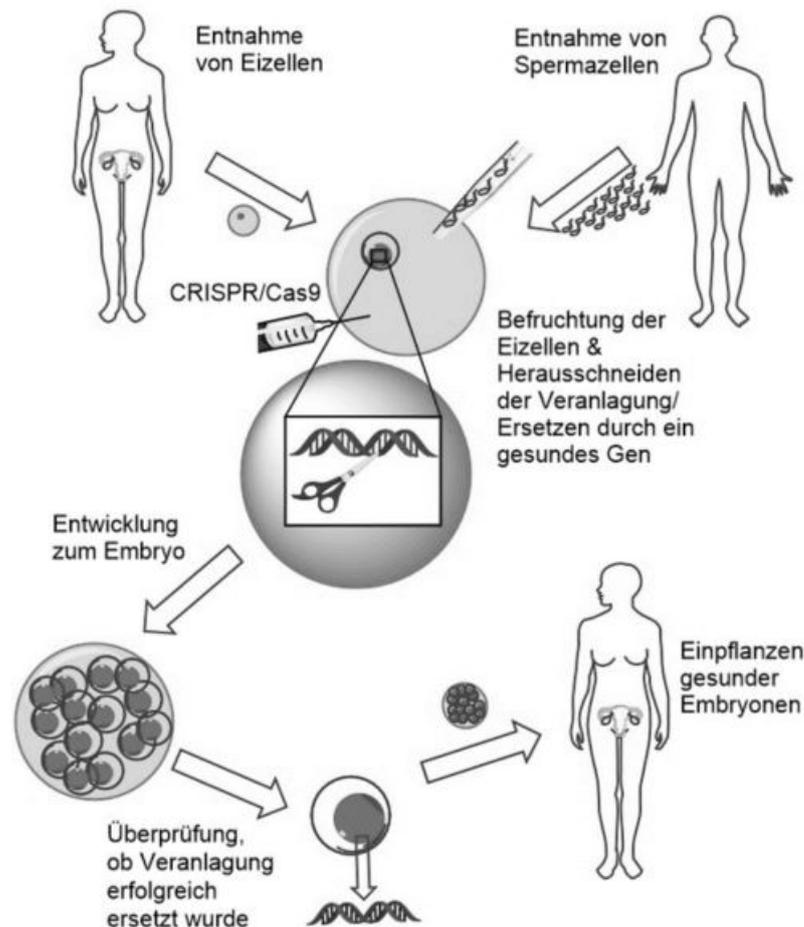


Abbildung 2.6: Theoretischer Verlauf einer Keimbahntherapie bei einer familiären Leukämie mit Hilfe der Genom-Editierung (eigene Abbildung).

ihm die chinesische Regierung die Zulassungen für weitere Forschungen (NORMILLE, 2019). Auch schlossen sich international mehrere renommierte Wissenschaftler erneut zusammen, um dieses Mal ein bindendes Moratorium zur präklinischen Forschung der Keimbahntherapie zu bewirken und damit die Austragung genetisch veränderter Kinder zu unterbinden (LANDER et al., 2019). Unter den Wissenschaftlern befindet sich auch Emanuelle Charpentier, eine der Entdeckerinnen der Funktion und Programmierbarkeit des CRISPR/Cas9-Systems, die am Max-Planck-Institut für Infektionsbiologie in Berlin forscht (siehe Kapitel 2.1.2). Schon 2015 hatten Charpentier und einige ihrer Kollegen ein freiwilliges Moratorium beschlossen (BOSLEY et al., 2015), um Risiken und Nebenwirkungen einer Keimbahntherapie vor dem klinischen Einsatz genauer erforschen zu können (LANDER et al., 2019). Hese Forschung zeigt, dass nicht alle Wissenschaftler diese Gedanken teilen. Sie sehen ihre eigenen Forschungen gefährdet und beschränkt (COHEN, 2019). Damit gibt es sowohl Für- als auch Gegensprecher zur klinischen Anwendung der Genom-Editierung bei Keimbahntherapien (EBD.). Es stellt sich die Frage, welche ethischen und rechtlichen Grundlagen zur Untermauerung der gegensätzlichen Positionen herangezogen werden können. Diese werden im nächsten Kapitel näher erläutert.

Zusammenfassung:

- *Die Genom-Editierung ist eine molekularbiologische Methode zur gezielten Veränderung der DNA.*
- *CRISPR/Cas9 ist das neueste, vielversprechendste Werkzeug der Genom-Editierung.*
- *mit Hilfe der Genom-Editierung können somatische Gentherapien und Keimbahntherapien realisiert werden.*
- *Die aktuelle Forschung fokussiert CRISPR/Cas9 mit dem Ziel zur pränatalen Heilung erblich bedingter Krankheiten.*
- *Off-Target-Effekte stellen ein Problem der Genom-Editierung dar, da diese zu unerwünschten Nebenwirkungen führen können.*
- *Unter anderem aus diesem Grund ist der klinische Einsatz der Genom-Editierung derzeit noch umstritten.*

2.2 Bioethische Diskussion um die keimbahnverändernde Genom-Editierung

Die Methode der Genom-Editierung erscheint mit ihren multiplen Einsatzmöglichkeiten im humanmedizinischen Bereich wie eine aus einem Science-Fiction-Roman entsprungene Methode. Filme und Bücher des Science-Fiction-Genres problematisieren häufig Folgen eines achtlosen Umgangs mit neuen Technologien und Therapien zur Anwendung am Menschen. Hier wird neben dem ‚Gott spielen‘ auch die Optimierung des Menschen thematisiert. Diese überspitzt dargestellte ‚Optimierungssucht‘ regt in den Populärmedien zum kritischen Nachdenken über einen genetischen Eingriff ins menschliche Leben an (KASS, 2003). Auch wenn die aktuelle Forschung hauptsächlich das Ziel verfolgt, Krankheiten zu heilen und menschliches Leid zu verhindern, so können doch einige ethische Fragen und Bedenken aufgeworfen werden (BALTIMORE et al., 2015; COLLER, 2019). Die Bioethik beschäftigt sich mit genau diesen Fragen und Bedenken, die Fortschritte aber auch Verhaltensweisen gegenüber dem Leben und der Natur berühren. In der vorliegenden Arbeit ist besonders der Bereich der Medizinethik als Teilbereich der Bioethik relevant. Die Medizinethik beschäftigt sich mit ethischen Fragestellungen, die Gentherapien, Stammzellforschung oder aber den Beginn des menschlichen Lebens kritisch beleuchten (LÜBECK, 2018). Im folgenden Abschnitt werden die ethischen und auch rechtlichen Dimensionen der Genom-Editierung diskutiert.

2.2.1 Ethische Problematik

Die Genom-Editierung bietet eine Möglichkeit, einfach und präzise das Genom von beispielsweise Menschen, Tieren, Pflanzen und Bakterien zu verändern. Gerade diese Vielfalt an Anwendungsbereichen macht ein generelles Urteil zur Genom-Editierung schwierig. Besonders die Anwendung im humanmedizinischen Bereich hat 2018 für Aufregung gesorgt, als in China die sogenannten CRISPR-Zwillinge zur Welt kamen (NORMILLE, 2019). Der ausführende chinesische Wissenschaftler hat für seine Forschung Gesetze, Regeln und Vereinbarungen gebrochen, um an sein Ziel zu gelangen (COHEN, 2019). Auch wenn sich die wissenschaftliche Gemeinschaft einig ist, dass sich die Vorkommnisse in China nicht wiederholen dürfen, lehnt ein Teil dieser ein generelles Verbot von genetischen Veränderungen an lebensfähigen Embryonen ab. Doch genau hier liegt das eigentliche Problem der Genom-Editierung. Selbst wenn die Methode klar abschätzbare Risiken hätte, würden immer noch ethische Grundsatzfragen ungeklärt bleiben. „Immer geht es dabei um die Frage, ob das, was getan werden kann, auch getan werden soll [...]“ (BÖGEHOLZ et al., 2004, S. 89). Sollte also eine Genom-Editierung am Menschen – und sei es nur zu Forschungszwecken – erlaubt werden (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019)?

Diese Frage wird je nach Anwendungsbereich der Genom-Editierung am Menschen unterschiedlich diskutiert. Im Falle einer somatischen Gentherapie wäre nur das zu behandelnde Individuum betroffen, es würden sich also keine Auswirkungen für nachfolgende Generationen ergeben (COLLER, 2019). Aus diesem Grund wird die somatische Gentherapie, „die aktuell bereits am Menschen durchgeführt wird und im Grundsatz ethisch unproblematisch ist“ (REICH et al., 2015, S. 9), im Folgenden vernachlässigt und ausschließlich die Keimbahntherapie als Anwendung der Genom-Editierung bewertet. Denn diese hat nicht nur ungewisse Folgen für nachfolgende Generationen, sondern birgt auch grundlegende ethische Konflikte (BALTIMORE et al., 2015; COLLER, 2019; REICH et al., 2015). So stehen zum Beispiel unterschiedliche Orientierungsmaßstäbe der Gesellschaft einander gegenüber, wie die Autonomie und die Würde des Embryos (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019; REICH et al., 2015). KIPKE, ROTHHAAR & HÄHNEL (2017, S. 250) beschreiben das Problem der keimbahnverändernden Genom-Editierung folgendermaßen:

„Die ethische Problematik dieser Technik liegt denn auch weniger in der effektiven Ausschaltung von Genen, die für schwere Krankheiten verantwortlich sind. Niemand wird einem entfernten Mukoviszidose-Gen nachtrauern. Die Problematik liegt in dem, was damit möglich und wahrscheinlich wird: beliebige Eingriffe in die menschliche Keimbahn, die irreversible Weitergabe der Änderungen an zukünftige Generationen, gravierende Verschiebungen im Verhältnis der Generationen untereinander, ethisch fragwürdige klinische Tests und die Verwischung der Speziesgrenzen.“

Daraus ergibt sich die Frage, welche ethischen Konflikte durch eine Anwendung der Keimbahntherapie entstehen. Neben einer Skizzierung dieser Konflikte gilt es auch, die grundlegende Problematik der keimbahnverändernden Genom-Editierung zu klären: Dürfen wir das Erbgut von Embryonen verändern?

2.2.2 Handlungsoptionen

Um die oben gestellte Frage beantworten zu können, werden zunächst die möglichen Handlungsoptionen zum Umgang mit der Keimbahntherapie vorgestellt. Wie schon im Kapitel 2.1.2.2 beschrieben, gibt es derzeit zwei unterschiedliche Meinungen zum Einsatz der Keimbahntherapie an lebensfähigen Embryonen. So haben Charpentier und ihre Kollegen ein verbindliches Moratorium gefordert, das den Einsatz der Genom-Editierung an lebensfähigen Embryonen vollständig verbietet (LANDER et al., 2019). In Deutschland zum Beispiel ist „ein Schutz vor der Keimbahntherapie aufgrund der damit verbundenen technischen Probleme“ (REICH et al., 2015, S. 17) im sogenannten Embryonenschutzgesetz (kurz: ESchG) fest verankert. Das ESchG gilt auch für nicht lebensfähige Embryonen. So ist eine Forschung und auch der Einsatz der Keimbahntherapie an Embryonen in Deutschland grundsätzlich verboten (REICH et al., 2015), wohingegen Charpentier und ihre Kollegen nur ein Verbot an lebensfähigen Embryonen fordern (LANDER

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

et al., 2019). Aus diesen Positionen lassen sich zwei von drei möglichen Handlungsoptionen ableiten. Zum einen könnte die Keimbahntherapie vollständig verboten werden, um jegliche Anwendung und Forschung an Embryonen zu verhindern. Zum anderen wäre auch eine Einschränkung der Anwendung der Keimbahntherapie zu Forschungszwecken an beispielsweise nicht lebensfähigen Embryonen oder zur Anwendung in bestimmten Ausnahmefällen denkbar. Verglichen werden könnte diese Handlungsoption mit der in Deutschland 2011 eingetretenen Veränderung des ESchG bezüglich der Präimplantationsdiagnostik. Eine solche Diagnostik ist „aufgrund der genetischen Disposition der Frau, des Mannes oder beider zukünftigen Elternteile“ (KENTENICH et al., 2015, S. 57), die ein hohes Risiko einer schwerwiegenden Erbkrankheit haben, erlaubt. Eine ähnliche Erweiterung des Gesetzes zur Erlaubnis der Keimbahntherapie in Ausnahmefällen und vor allem zu Forschungszwecken ist eine europaweit diskutierte Handlungsoption (EBERBACH, 2016).

Eine letzte und dritte Handlungsoption wurde in China vom Wissenschaftler Jiankui He mehr oder weniger schon praktiziert, indem er sämtliche international geltende Moratorien und national geltende Gesetze seines Landes übergangen hat. Die Keimbahntherapie könnte also auch uneingeschränkt durchgeführt werden und so zu der Entstehung genetisch modifizierter Kinder führen (CYRANOSKI & LEDFORD, 2018). Hierbei wäre ein Einsatz nicht nur für medizinische Zwecke möglich, sondern auch der Einsatz zur Optimierung des Menschen oder zur Erstellung von sogenannten „Designerbabys“ denkbar (BARRANGOU & DOUDNA, 2016; EGUIZABAL et al., 2019; REICH et al., 2015). Dabei würde es keine regulatorischen Gesetze geben, die den Einsatz der Keimbahntherapie filtern. Zusammenfassend gibt es also drei generelle Handlungsoptionen (REICH et al., 2015):

- Das Verbot der Keimbahntherapie durch Genom-Editierung, weil die Risiken und Nebenwirkungen auch für noch folgende Generationen bisher unklar sind und so unter anderem die Gesundheit der editierten Menschen gefährdet wird.
- Die uneingeschränkte Erlaubnis der Keimbahntherapie durch die Genom-Editierung, weil der wissenschaftliche Fortschritt genutzt werden sollte und nur so weitere Erkenntnisse über Risiken und Nebenwirkungen gemacht werden können.
- Die eingeschränkte Erlaubnis der keimbahnverändernden Genom-Editierung zu Forschungszwecken oder in bestimmten Ausnahmefällen, wenn durch passende Gesetze und Regelungen ein Missbrauch dieser, zum Beispiel die Erstellung von Designerbabys, ausgeschlossen wird.

Durch diese Aufstellung wird deutlich, dass es unterschiedliche Handlungsmöglichkeiten in Bezug auf einen Einsatz der keimbahnverändernden Genom-Editierung gibt. Doch eine rein deskriptive Beschreibung der Handlungsoptionen reicht nicht aus, um eine umfassende Antwort zu erlangen. Vielmehr bedürfen die Handlungsoptionen, wie es in der Bioethik praktiziert wird, auch einer Untersuchung der normativen Aspekte, um eine

Bewertung der Handlungsoptionen zu erreichen (DÜWELL & STEIGLEDER, 2003).

2.2.3 Normative Aspekte

Im folgenden Abschnitt werden die zentralen ethischen **Werte** als Orientierungsmaßstäbe, die von der keimbahnverändernden Genom-Editierung berührt werden, näher erläutert. Dazu werden diese Werte und die darin enthaltenen Argumente und Kernaussagen zusammengefasst. Solche Werte erlauben in der Bioethik eine moralische Beschreibung ausgewählter Sachverhalte wie der Genom-Editierung. Ethische Werte stellen Eigenschaften von Objekten, Ideen oder Beziehungen, die der Mensch diesen zuordnet, dar. Es sind Kriterien oder Maßstäbe, welche die Wahl einer Handlungsoption beeinflussen. Dabei beziehen sich diese Werte auf erwünschte Zielvorstellungen oder Verhaltensweisen (HÖFFE, 2008). Ergänzend zu Werten stellen Normen Regelungen in der Gesellschaft dar, die allgemein akzeptiertes Verhalten definieren. Somit beschreiben sie Handlungsregeln für die Gesellschaft, um gesellschaftlich anerkannte Werte zu schützen (ZOGLAUER, 1998). Diese Regeln stehen der Moral als tatsächliche Handlungsmuster gegenüber. Die Moral bildet dabei „den Grundrahmen und die Orientierung dafür, wie man sich anderen gegenüber verhalten soll“ (LÜBECK, 2018, S. 13). Dabei lässt sich die Ethik als Wissenschaft der Moral beschreiben, welche die geltende Moral reflektiert und auf ihre Allgemeingültigkeit überprüft (ebd.).

Die folgenden Ausführungen sollen einen Überblick zu den normativen Aspekten der Diskussion um die Genom-Editierung geben und haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit, da eine Vielzahl an ethischen Werten durch die keimbahnverändernde Genom-Editierung berührt werden.

2.2.3.1 Autonomie

„Autonomie als Kennzeichen des Humanen ist ein unverlierbares Grundcharakteristikum, das ausnahmslos jedem menschlichen Lebewesen zuerkannt wird“ (KORFF et al., 2000, S. 290), dabei spielt es keine Rolle, ob dieses Lebewesen schon geboren wurde oder nicht. Autonomie oder auch Selbstbestimmung ist ein ethischer Grundsatz, der besonders in der Debatte um den Einsatz der Keimbahntherapie am Menschen in unterschiedlichen Argumenten Beachtung findet. Autonomie wird häufig mit einer „uneingeschränkten Selbstverfügung über das eigene Leben gleichgesetzt“ (EIBACH, 2005, S. 14) und meint gleichzeitig die „Planbarkeit des Lebens gemäß den eigenen Wünschen“ (ebd., S. 14). IMMANUEL KANT beschreibt schon 1785 die Autonomie des Menschen als Grund seiner Würde (KANT, 1986). Das Selbstbestimmungsrecht ist heutzutage in vielen Ländern ein Verfassungsrecht und somit ein wesentlicher Bestandteil der demokratischen Wertehierarchie (SCHRAMME, 2002). Daher wird die Selbstbestimmung des Ein-

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

zelenen nur durch die Selbstbestimmung anderer limitiert. Hierin besteht unter anderem der Konflikt des Wertes bei einer Durchführung einer Keimbahntherapie. So sind die Eltern selbstbestimmt in ihrem Wunsch, eine Keimbahntherapie durchzuführen, um ein Kind ohne Erbanlagen für eine Krankheit zur Welt zu bringen. Aber auch das ungeborene Kind ist selbstbestimmt und wird durch die Entscheidung der Eltern seiner Autonomie beraubt (KORFF et al., 2000). An dieser Stelle bietet sich die Beantwortung der Frage nach dem Beginn des menschlichen Lebens an. Wann beginnt menschliches Leben und ab wann steht einem Menschen Autonomie zu? Wenn Autonomie mit einem Selbstbewusstsein verknüpft wird, so würde einem Embryo vor der Entwicklung eines Gehirns, also in den ersten zwei Monaten, keine Selbstbestimmung zustehen. Werden aber die sogenannten SKIP-Argumente (Spezies-, Kontinuitäts-, Identitäts- und Potentialitätsargumente) als Grundlage der Selbstbestimmung genommen, so würde einem Embryo ab der Verschmelzung von Eizelle und Spermazelle Autonomie zukommen (KORFF et al., 2000). Laut dem Speziesargument „ist die Zugehörigkeit zur Spezies Mensch ausschlaggebend für den moralischen Status jedes einzelnen Menschen“ (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019, S. 120) und somit kann auch ein menschlicher Embryo als selbstbestimmt gelten. Ebenfalls lassen sich keine Einschnitte in der vor- und nachgeburtlichen Entwicklung des Menschen erkennen. Der Embryo entwickelt sich nach dem Kontinuitätsargument von Anfang an kontinuierlich als Mensch weiter. In diesem Zusammenhang ist die ontogenetische Identität zwischen Embryo und späterem Mensch im Identitätsargument und die daraus resultierende Selbstbestimmung ab Verschmelzung von Ei- und Spermazelle zu betonen.

Zuletzt kann auf die Möglichkeit zur Entwicklung zu einem Menschen durch das Potentialitätsargument verwiesen werden. „Auch wenn typisch menschliche Fähigkeiten, wie die zur Selbstbestimmung in ihm nur angelegt und noch nicht ausgeprägt seien“ (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019, S. 120-121) besitzt der Embryo das Potential, diese Fähigkeiten im späteren Leben zu entwickeln. Das deutsche Recht stützt sich ebenfalls auf diese Argumente, da laut Embryonenschutzgesetz der Embryo ab Verschmelzung von Eizelle und Spermazelle als schützenswert gilt und dieses Gesetz somit einen Eingriff in die Keimbahn des Embryos untersagt. Des Weiteren zeigt ein Blick auf die Nürnberger Kodexe, dass jeder medizinische Eingriff, der die leibliche und seelische Integrität betrifft, auch eine Freiwilligkeit des Patienten voraussetzt. Diese Zustimmung kann ein ungeborener Embryo nicht geben (SCHRAMME, 2002).

Selbstbestimmung bildet den Kern menschlicher Freiheit. Auch wenn die Selbstbestimmung der zukünftigen Generationen zu respektieren ist, wurden schon immer advokatorische Entscheidungen zum Wohl des Kindes getroffen (DÜWELL & STEIGLEDER, 2003). Dabei „bemisst sich die moralische Legitimität von heutigen Interventionen auch an der Plausibilität der Unterstellung, dass die Betroffenen ihnen zustimmen würden, wenn sie es heute schon könnten“ (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019, S. 131). Diese Entscheidungen beinhalten allerdings auch, dass der eigene Kinderwunsch dem Wohl des Kindes hinten angestellt werden kann. Somit kann die reproduktive Selbstbestimmung der Eltern der medizinischen Selbstbestimmung der zukünftigen Generationen, wenn dies nicht zum

Wohle des Kindes ist, vernachlässigt werden (SCHRAMME, 2002). Dies gilt natürlich auch umgekehrt. Andererseits erscheint es abwegig, „gar keine riskanten neuartigen Technologien zu entwickeln, weil diese eine nachfolgende Generation ohne ihre Zustimmung betreffen“ (GYNGELL et al., 2018, S. 178). Dennoch geht es weniger um die Zustimmung zur Entwicklung neuer Technologien, sondern vielmehr um die Autonomie der einzelnen Personen. So sei die Zufälligkeit der genetischen Ausstattung von wesentlicher Bedeutung, um als selbstbestimmter Mensch zu leben (HABERMAS, 2013). Allerdings ist für Habermas (2013) weniger die Frage nach dem medizinischen Eingreifen in einen Embryo von Bedeutung als das Eingreifen zu Optimierungszwecken. Dennoch sei eine Vorbestimmung durch die genetischen Anlagen unplausibel, denn dies „impliziere einen falschen genetischen Determinismus“ (MÜNCH, 2018, S. 60). Auch wenn die Betroffenen von dieser Vorbestimmtheit überzeugt wären, so könnte hier durch Aufklärung Abhilfe geschaffen werden (MÜNCH, 2018). Im Gegensatz dazu beschreibt Münch (2018), dass genetisch optimierte Menschen in der Regel erweiterte Fähigkeiten hätten. „Ihnen stünden mehr Handlungs- oder Lebensoptionen offen, mehr Möglichkeiten, die sie, wenn sie wollten, ergreifen könnten“ (MÜNCH, 2018, S. 61). Das Autonomieerleben könnte sich somit gegenüber anderen nicht optimierten Personen vergrößern (MÜNCH, 2018).

2.2.3.2 Gesundheit

Da die Genom-Editierung am Menschen in erster Linie therapeutische Zwecke verfolgt, spielt auch der ethische Wert der Gesundheit eine Rolle in der Debatte um die Anwendung der Genom-Editierung.

Gesundheit als Ziel einer medizinischen Behandlung ist ein schwer zu definierender Begriff (KORFF et al., 2000; SCHRAMME, 2002). Die Weltgesundheitsorganisation hat die Gesundheit nicht nur als Abwesenheit von Krankheit definiert, sondern als „Zustand des vollständigen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlergehens“ (WELTGESUNDHEITSORGANISATION, 1946, S. 1). Doch scheint der Begriff Gesundheit ebenso wie der Begriff Krankheit einen moralischen Gehalt zu haben, der durch unterschiedliche und individuelle Wertevorstellungen geprägt wird (SCHRAMME, 2002). Vielmehr könnten Gesundheit und Krankheit als Prozesse verstanden werden, da Krankheit aus Gesundheit entstehen und umgekehrt Gesundheit aus Krankheit hervorgehen kann. Ebenso können Gesundheit und Krankheit nebeneinander existieren, so können gleichzeitig einzelne Bereiche oder Funktionen des Körpers krank und andere dagegen gesund sein. Zusätzlich gelten Gesundheit und Krankheit als gemeinsame Erscheinungen des Lebendigen (KORFF et al., 2000). Durch die subjektive Wahrnehmung von Gesundheit und Krankheit ist eine eindeutige Abgrenzung der Begriffe nicht möglich.

Dennoch können genetische Prädispositionen zum Teil tödliche Krankheiten auslösen, wodurch die Lebensqualität der Erkrankten verringert wird. So haben die Werte Gesundheit und Lebensqualität einen engen Zusammenhang (SCHRAMME, 2002). Bei der

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

Durchführung einer keimbahnverändernden Genom-Editierung, die das Ziel der Heilung einer Krankheit hat, wird nicht ausgeschlossen, dass ein Kind niemals erkranken wird. Es wird lediglich an dieser einen Krankheit mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht erkranken, wodurch die Lebensqualität des Kindes erhöht werden kann. Das Kind und die Eltern müssten sich weder Gedanken um eine mögliche Erkrankung noch um eine Weitervererbung dieser bestimmten Krankheit machen. Somit wäre im Falle dieser einen Krankheit die Gesundheit aller nachfolgenden Generationen gesichert (GYNGELL et al., 2018).

Ein weiterer Wert, der immer wieder im Zusammenhang mit der Gesundheit genannt wird, ist die Gerechtigkeit. Vor diesem Hintergrund wird auch ein Recht auf Gesundheit diskutiert (ASLAN et al., 2018; QUANTE & VIETH, 2003; SCHRAMME, 2002). Die Vereinten Nationen haben jedem Menschen das Recht zugesprochen, den höchstmöglichen Standard an körperlicher und seelischer Gesundheit zu bekommen (UN GENERAL ASSEMBLY, 1966). Auch aus dem Artikel 2 Absatz 2 auf Seite 1 im deutschen Grundgesetz wird häufig ein Recht auf Gesundheit abgeleitet. Hier geht es allerdings weniger um ein Leistungsrecht als um die Zusicherung auf Anspruch einer Gesundheitsfürsorge (ASLAN et al., 2018). In diesem Zusammenhang sind aber nicht nur medizinische Versorgung und Fortschritte gemeint, sondern vielmehr die Zusicherung auf beispielsweise Verbesserungen der Hygiene (SCHRAMME, 2002). Dennoch stellt sich die Frage, wer einen Anspruch auf eine keimbahnverändernde Genom-Editierung hat und ob sie unter das Solidaritätsprinzip fällt. Diesem Prinzip folgend könnte eine gerechte Verteilung des Anspruchs auf eine Genom-Editierung einer wachsenden Lücke zwischen Armen und Reichen in unserer Gesellschaft entgegengewirkt werden (ASLAN et al., 2018).

Doch gehen mit der Genom-Editierung auch ungewisse Risiken einher (DOUDNA & CHARPENTIER, 2014). So könnte durch eine verfrühte Anwendung, wie dies in China 2018 geschehen ist, auch die Gesundheit des ungeborenen Kindes gefährdet werden (GYNGELL et al., 2018). Somit ist auch die Sicherheit als ethischer Wert dicht mit der Gesundheit verbunden.

Zusammenfassend kann die Gesundheit als ein bedeutender Wert im Zusammenhang mit der Keimbahntherapie durch Genom-Editierung angesehen werden, da sie mit vielen anderen Werten in Verbindung steht.

2.2.3.3 Gerechtigkeit

Im Rahmen der Gerechtigkeit werden hauptsächlich drei Bereiche der Gerechtigkeit von der Genom-Editierung berührt: die Gerechtigkeit zwischen den Generationen, die internationale und nationale soziale Gerechtigkeit und die medizinische Gerechtigkeit (KORFF et al., 2000).

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

1. Gerechtigkeit zwischen den Generationen

Bei diesem Teilaspekt geht es um die gerechte Verteilung des Anspruchs auf Genom-Editierung. So darf keine Generation „einer nachfolgenden Generation etwas antun, was sie selbst nicht von ihren Vorgängern hätte erleiden wollen, beziehungsweise nach einer Maxime handeln, von der sie nicht wollen kann, dass sie als allgemeines Gesetz für alle Generationen gelten könnte“ (UNNERSTALL, 2003, S. 429). Diese Forderung beschreibt deutlich, dass die entscheidende Generation in einem Dilemma steckt, wie sie sich bezüglich der Anwendung einer keimbahnverändernden Genom-Editierung entscheiden soll. So könnte die nachfolgende Generation durch eine Keimbahntherapie einen Vorteil gegenüber der vorherigen Generation haben (ASLAN et al., 2018). Besonders schwierig ist diese Entscheidung dann, wenn möglicherweise schon ein Kind existiert, das nicht editiert werden konnte, da diese Methode schlichtweg in dem Moment noch nicht möglich war. Daher stellt sich die Frage: Ist es gerecht, die Genom-Editierung einem Kind vorzuenthalten oder ist es unfair anderen gegenüber, diese Möglichkeit wahrzunehmen (UNNERSTALL, 2003)?

2. Internationale und nationale Gerechtigkeit

„[O]nly [the] richest people are able to have 'less-sick' babies and with it enhancements become possible, 'more beautiful and intelligent' babies“ (BOSLEY et al., 2015, S. 481). Diese Problematik könnte sowohl auf internationaler als auch nationaler Ebene auftauchen. International könnte es vor allem den reicheren und technologisch höher entwickelten Ländern gelingen, die Genom-Editierung für eine breite Masse anzubieten. So würden ärmere Länder immer weiter zurückfallen, da sie nicht die Mittel hätten, ihr Gesundheitssystem umzustellen. Es müssten also alle Länder in gleichem Maße von der Genom-Editierung profitieren können (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019). National könnte es aber ebenso zu einer Vergrößerung der Lücke zwischen Arm und Reich kommen, da besonders die Optimierung durch eigene Kostenübernahme zu realisieren wäre (ASLAN et al., 2018). Als Gegenargument könnte der kostengünstige Einsatz der Genom-Editierung diskutiert werden. Im Vergleich zu herkömmlichen Methoden der Genom-Editierung ist CRISPR/Cas9 sehr günstig in der Umsetzung (BALTIMORE et al., 2015). Außerdem könnten Einsparungen durch verhinderte Folgekosten für eine Übernahme der Kosten seitens der gesetzlichen Krankenversicherungen sprechen (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019). Zudem wäre es möglich, zu einem Ausgleich der „Losverteilung natürlicher Fähigkeiten“ (ASLAN et al., 2018, S. 29) zu kommen, da die Genom-Editierung Benachteiligungen und Ungleichheiten zu korrigieren vermag. Somit könnten „Werte wie Freiheit und Gleichheit durch Keimbahneingriffe gestärkt werden“ (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019, S. 145).

3. Medizinische Gerechtigkeit

Wie schon im zweiten Punkt angedeutet, stellt die gerechte Verteilung von Genom-Editierung zu medizinischen Zwecken eine Schwierigkeit dar. Es geht bei diesem Punkt aber eher darum, für welche Krankheiten oder Einschränkungen die Genom-Editierung zugelassen wird und für welche nicht. Die Grenze zwischen Krankheiten, mit denen

man möglicherweise leben kann, und Krankheiten, die unzumutbar sind, ist schwer zu definieren (SCHRAMME, 2002). So leidet auch ein Allergiker unter seiner Einschränkung und würde sicherlich diese für geeignet zur Editierung einstufen, wohingegen ein Krebskranker eine Allergie als weniger bedrohlich einstufen würde. Mit Blick auf die soziale Gerechtigkeit könnten genetische Nachteile ausgeglichen werden. Andererseits beinhaltet eine Wertung des genetischen Materials eine Stigmatisierung und Diskriminierung aufgrund von Ausstattungsmerkmalen (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019). Die Gesellschaft steht also vor der Entscheidung, welche Krankheiten in der Behandlung mit der keimbahnverändernden Genom-Editierung überhaupt geheilt werden sollen und welche Prioritäten gesetzt werden (EBERT, 2015).

2.2.3.4 Leidverringering/Wohl des Menschen

Das Verhindern von Leid und die Erhöhung der Lebensqualität liegen in der Verantwortung der Menschen. Dabei ist aber nicht nur das Leid der Erkrankten zu beachten, sondern auch das Leid derer, die mitleiden (EIBACH, 2005). Der Einsatz der keimbahnverändernden Genom-Editierung könnte somit das Leid einer gesamten Familie lindern und das nicht nur, weil das Paar eigene Kinder bekommen kann, sondern auch aufgrund der fehlenden Angst vor einer schweren Erkrankung (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019). Dennoch ist zu bedenken, dass „Krankheit nicht immer angeboren, sondern häufig Folge, Auswirkung eines Zusammenspiels von Anlagen und Umwelt, von genetischer Ausstattung und Lebensbedingung, Lebensführung ist“ (HONECKER, 2004, S. 178). So wäre es eine Illusion, zu glauben, dass die Keimbahntherapie alles Leid verringern kann. Vielmehr kann durch unbekannte Risiken das Leiden der durch Keimbahntherapie veränderten Kinder noch verstärkt werden (KNOEPFLER, 2018). Dennoch kann die Keimbahntherapie durch den Einsatz der Genom-Editierung am Menschen dem Wohl des Menschen dienen. Durch ihren Einsatz soll das Leid der Menschen verhindert oder zumindest minimiert werden, indem Krankheiten oder andere Einschränkungen generationenübergreifend aus dem Genom gelöscht werden (KNOEPFLER, 2018).

2.2.3.5 Sicherheit

Wie schon in Kapitel 2.1.2 beschrieben, ist die Methode der Genom-Editierung noch nicht ohne jegliche Sicherheitsbedenken einzusetzen. Nicht nur die Risiken für den Embryo, der mit der Keimbahntherapie behandelt wurde, sind ungewiss, auch die Folgen für alle weiteren Generationen lassen sich nicht vollständig abschätzen (KNOEPFLER, 2018). Laut des Embryonenschutzgesetzes ist Forschung an Embryonen in Deutschland verboten. Doch könnte durch solche Forschung ein Fortschritt erlangt werden, der es ermöglicht, Risiken der Genom-Editierung deutlicher abzuwägen (RÜTSCHKE, 2017). Da es sich aller-

dings bei der Keimbahntherapie um eine neue Methode handelt, wären Angaben zur Sicherheit ähnlich vage wie bei neuen Medikamenten. Durch klinische Studien könnten einige kurz- oder langfristige Risiken entdeckt werden, trotzdem bleibt zu Beginn das Risiko von unbekanntem Nebenwirkungen bestehen (KIPKE et al., 2017). Es bleibt im Sinne der Autonomie zu bedenken, dass jeder Patient für sich und seine Nachkommen entscheiden kann, ob er das Risiko einer keimbahnverändernden Genom-Editierung auf sich nehmen möchte (GYNGELL et al., 2018).

2.2.3.6 Fortschritt

Auch wenn die Sicherheit der Keimbahntherapie mit Hilfe der Genom-Editierung noch nicht gewährleistet ist, so kann die Forschung an selbiger dennoch von Problemen und Risiken profitieren. Durch den Einsatz der Genom-Editierung in Keimbahntherapien könnten nicht nur erblich bedingte Krankheiten ausgelöscht werden, sondern die medizinische Forschung könnte Fortschritte in vielerlei Hinsicht erzielen. So könnte die frühe menschliche Embryonalentwicklung erforscht werden, um klinische Erfolge bei der IVF zu erzielen und ungewollte Schwangerschaftsabbrüche zu verhindern (GYNGELL et al., 2018). Auch die Stammzellforschung kann von Forschungen an Keimzellen mit Hilfe der Genom-Editierung profitieren (ebd.).

Der wissenschaftliche Fortschritt kann ein erstrebenswertes Ziel sein und einen hohen Nutzen für die Gesellschaft mit sich bringen, doch werden in sogenannten Dammbrech- oder *slippery-slope*-Argumenten die sozialen Risiken eines technischen und medizinischen Fortschritts diskutiert (ASLAN et al., 2018; REICH et al., 2015). Laut dieser Argumente können neue ethische Probleme durch eine fortschrittliche Methode auftauchen, die es vorher in dieser Art noch nicht gab (EIBACH, 2005; SCHRAMME, 2002). Beispielsweise gäbe es durch die einfache Anwendung der Genom-Editierung auch viele Möglichkeiten für einen Missbrauch der Methode, um beispielsweise Menschen zu optimieren. So würden vielleicht anfangs nur einfach zu verändernde Merkmale, wie die Augenfarbe, editiert werden, aber gleichzeitig auch die Hemmschwelle der Anwendung für andere Merkmale, wie die Intelligenz, verringert werden. So könnten am Ende Designerkinder entstehen, die vollständig nach den Wünschen ihrer Eltern erstellt worden sind. Dabei sehen sie vielleicht ihren Eltern gar nicht mehr ähnlich und würden auch genetisch kaum noch Gemeinsamkeiten mit ihren Eltern haben (LANPHIER et al., 2015). Außerdem könnte im Laufe der Zeit ein sozialer Druck durch Vorteile für Designermenschen auf potentielle Eltern ausgeübt werden, „der am Ende auch zum unfreiwilligen Einsatz dieser Möglichkeiten durch bedrängte Personen führen könnte“ (ASLAN et al., 2018, S. 14). Andererseits wäre es im Sinne der Autonomie und der Gerechtigkeit, wenn jeder seine eigene Entscheidung zur Nutzung des Fortschritts fällen könnte. Um eine differenzierte Entscheidung treffen zu können, müssten die Risiken der Anwendung einer Keimbahntherapie durch Grundlagenforschung aufgeklärt und veröffentlicht werden (ebd.). Es

ist zudem unwahrscheinlich, dass die gentechnische Veränderung der menschlichen Natur, die „fundamentale Werte der Gesellschaft bedroht“ (RÜTSCHKE, 2017, S. 246), in der Zukunft Anwendung findet. Aus diesem Grund wäre laut RÜTSCHKE (2017) ein allgemeingültiges Verbot der keimbahnverändernden Genom-Editierung nur wegen der Gefahr eines Missbrauchs nicht zulässig.

2.2.3.7 Identität/Individualität

Wer sind die Eltern eines genetisch veränderten Kindes? Je nach Ausmaß der Genom-Editierung ist diese Frage nicht einfach zu beantworten. So geben die leiblichen Eltern ihre Keimzellen und die leibliche Mutter trägt das Kind auch aus, aber entstanden ist es durch die Hand der Wissenschaftler. Wenn dann noch Gene ausgetauscht werden, ist das Kind nicht mehr gezeugt, sondern designt (ASLAN et al., 2018). Diesen Konflikt müssen die Kinder mit sich ausmachen. Sie könnten sich ihrer genetischen Individualität und Identität beraubt fühlen (EIBACH, 2005). Wenn das Kind seinen Eltern nicht mehr ähnlich sieht, so kann auch die Zugehörigkeit zu der eigenen Familie angezweifelt werden. Das Kind wüsste nicht mit Sicherheit, von wem es abstammt und wer seine Eltern sind (RÜTSCHKE, 2017).

Es ist zu befürchten, „dass durch Eingriffe in die Keimbahn die individuelle Identität, die Einmaligkeit und Unverfälschtheit menschlicher Individualität verloren gehe“ (ASLAN et al., 2018, S. 16). Nicht nur die äußerliche Individualität spielt hier eine Rolle, sondern auch die Persönlichkeit. Diese wird nicht ausschließlich durch genetische Faktoren beeinflusst, trotzdem bleibt die Frage bestehen, ob das Kind ohne Veränderungen anders geworden wäre (ASLAN et al., 2018).

Zwar ist die genetische Individualität bei eineiigen Zwillingen nicht gegeben, dennoch können sich die Kinder einer natürlichen Entstehung sicher sein (EIBACH, 2005). Doch auch diese genetisch identischen Zwillinge werden durch ihre Umwelt geprägt und wachsen zu vollständig individuellen Menschen heran. Wenn lediglich Veranlagungen für Krankheiten aus dem Genom der Kinder entfernt werden, kann die genetische Individualität und die Zugehörigkeit zur Familie trotzdem gewahrt werden (RÜTSCHKE, 2017).

2.2.3.8 Natürlichkeit

Natürlichkeitsargumente haben schon länger Bestand in der Kritik zur Technisierung der Menschheit. Besonders die Keimbahntherapie könnte die menschliche Reproduktion immer weiter technisieren (HABERMAS, 2013). Eine Genom-Editierung mit CRISPR/Cas9 würde eine Veränderung der natürlichen genetischen Ausstattung hervorrufen, somit würde ein derart kreierter Mensch als künstlich gelten (ASLAN et al., 2018). Trotz-

dem stellt sich die Frage, ob die „keine Spur hinterlassenden ‚künstlichen‘ Mutationen“ (REICH et al., 2015, S. 19), die bei einer Genom-Editierung entstehen, überhaupt von natürlichen Mutationen unterschieden werden können. Es scheint an dieser Stelle angemessen, die Natürlichkeit bzw. Künstlichkeit der Produkte von der des Prozesses zu unterscheiden (ASLAN et al., 2018). Denn nur weil ein Mensch durch die Genom-Editierung künstlich erstellt wurde, ist er nicht weniger menschlich oder natürlich als andere Menschen (MÜNCH, 2018). Wenn allerdings der Prozess ausschlaggebend ist für die Natürlichkeit eines Menschen, so könne diese auch im Falle einer IVF angezweifelt werden (SCHRAMME, 2002). Bei der Diskussion um die Natürlichkeit einer Keimbahntherapie erscheinen auch immer wieder Argumente über das ‚Gott spielen‘ und der Veränderung des Schicksals von Menschen (EIBACH, 2005; HABERMAS, 2013; RÜTSCHKE, 2017; SCHRAMME, 2002). Zwei Argumente verbieten eine Veränderung der Natur, da zum einen der Natur als solcher eine Würde zugeschrieben und sie als von Gott gegeben betrachtet wird (SCHRAMME, 2002). Die durch die Genom-Editierung hervorgerufene Veränderung des Lebensschicksals könnte editierte Menschen ihrer Freiheit berauben, selbst gegen das eigene auferlegte Schicksal anzugehen (HABERMAS, 2013; SCHRAMME, 2002). In der modernen Welt scheinen die grundlegenden Werte wie Autonomie, Freiheit und Menschenwürde nicht mehr mit dem normativen Begriff der menschlichen Natur vereinbar zu sein (BAYERTZ, 2009). Natürlichkeitsargumente können zusätzlich eine freiheits-einschränkende Wirkung haben, da unter anderem der Kinderwunsch mancher Paare ohne eine keimbahnverändernde Genom-Editierung nicht erfüllt werden kann (ASLAN et al., 2018).

2.2.3.9 Freiheit

Jede Form von Keimbahneingriffen beinhaltet die zentrale Frage nach Freiheit (ASLAN et al., 2018; DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019). So können unterschiedliche Dimensionen der Freiheit berührt werden.

Zunächst ist die Relevanz der Forschungsfreiheit besonders im derzeitigen Stadium hervorzuheben. Laut deutschem Verfassungsrecht muss diese gewahrt werden, sofern keine anderen verfassungsrechtlich geschützten Güter verletzt werden (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019).

Zuletzt sind auch die individuellen Freiheitsräume und dadurch die Selbstbestimmung des Einzelnen zu beachten. Dabei muss beim Eingriff in die Keimbahn bewertet werden, „wie die Gestaltungsräume realer Freiheit für die aktuell wie zukünftig betroffene Person eingengt oder erweitert werden“ (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019, S. 130).

2.2.3.10 Verantwortung

Der ethische Wert Verantwortung lässt sich nicht nur an der individuellen Verantwortung, die jeder Beteiligte an der Genom-Editierung trägt, messen. Vielmehr lässt sich eine intergenerationelle Verantwortung der Gesellschaft beschreiben. Daraus lässt sich eine Verantwortlichkeit der Gesellschaft gegenüber dem Handeln Einzelner feststellen (KNOEPFLER, 2018). So liegt es in der gesellschaftlichen Multiakteursverantwortung, Leitlinien und Gesetze für die keimbahnverändernde Genom-Editierung zu diskutieren, um unter anderem einen Missbrauch der Methode verhindern zu können. Aber auch die Wahrnehmung einer Chance zur Heilung tödlicher Krankheiten und die daraus resultierende Möglichkeit für Paare mit Erbkrankheiten, Kinder zu bekommen, liegt in der Verantwortung einer Gesellschaft (WERNER, 2003). Dabei ist darauf zu achten, dass es nicht zu einer Verantwortungsdiffusion kommt, sodass im Falle von Nebenwirkungen verantwortungsvoll mit diesen umgegangen wird und es nicht zu gegenseitigen Schuldzuweisungen kommt (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019).

Dennoch ist auch die Frage der individuellen Verantwortung zu klären. Wer trägt die Verantwortung für die Folgen der Genom-Editierung? Nach BAYERTZ (1995) liegt die Verantwortung demjenigen zugrunde, der die Folgen durch sein Handeln hervorgerufen hat, obwohl die Folgen voraussehbar oder die Handlung vermeidbar gewesen wäre. Folglich wären hier die Wissenschaftler direkt verantwortlich. Darüber hinaus könnte auch der Staat als Verantwortlicher in Betracht gezogen werden, da durch eine neue Gesetzgebung die keimbahnverändernde Genom-Editierung überhaupt erst ermöglicht wurde. Besonders die unvorhersehbaren Folgen der keimbahnverändernden Genom-Editierung würden im Sinne der Verantwortung gegen einen solchen Einsatz sprechen. Ansonsten würden sich die durchführenden Wissenschaftler ebenso wie die Eltern des Kindes für die Folgen der Genom-Editierung verantworten müssen (BAYERTZ & BECK, 2017).

2.2.3.11 Liebe

Die Liebe der Eltern ist ein weiterer Wert, der von der keimbahnverändernden Genom-Editierung berührt wird. Diese Liebe der Eltern ihrem ungeborenen Kind gegenüber spricht nicht nur für die Inanspruchnahme der Genom-Editierung. So können sie sich für die Genom-Editierung zur Leidverringerung und aus elterlicher Fürsorge entscheiden oder aber gegen die Genom-Editierung aus Angst vor der fehlenden Sicherheit und möglicherweise auch, um die Autonomie ihres ungeborenen Kindes zu wahren (EIBACH, 2005). Es ist auch die Nächstenliebe, die Forscher dazu bewegen könnte, die Genom-Editierung nicht nur zu hohen Preisen anzubieten, sondern auch sozial oder finanziell Schwächergestellten einen Zugang zu ihr zu erleichtern (KORFF et al., 2000). Trotzdem bleibt die Frage bestehen, wie sich das Kind fühlt, wenn es nicht das Ergebnis von körperlicher Liebe ist, sondern nur durch technische Mittel erzeugt wurde. So stellt sich die

Frage, ob ein Kind mit einer Krankheit oder anderen Einschränkungen weniger liebenswert ist als ein vermeintlich gesundes Kind (KNOEPFLER, 2018).

2.2.3.12 Würde des Menschen

„Die Würde des Menschen ist unantastbar“ (Art. 1 Abs. 1 Grundgesetz). So steht es im ersten Artikel des deutschen Grundgesetzes. Die besondere Bedeutung dieses Wertes wird durch seine zentrale Stellung im Grundgesetz deutlich. Die Menschenwürde ist einer der wichtigsten Orientierungsmaßstäbe weltweit (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019). Diese sollte allen Menschen gleichermaßen zukommen unabhängig von Herkunft, Geschlecht, Alter oder Status (ASLAN et al., 2018). Die Menschenwürde ist ein hochrangiges und zentrales Prinzip, das in der Debatte um die Einsetzung einer Keimbahntherapie in unterschiedlichen Argumenten eine Rolle spielt (ebd.). Die Unantastbarkeit der Würde beinhaltet gleichzeitig eine Unantastbarkeit des menschlichen Erbguts (ISENSEE, 2001). Die schon oben angesprochene „Veränderung und Verfälschung der menschlichen Identität“ (ASLAN et al., 2018, S. 16) durch eine keimbahnverändernde Genom-Editierung kann eine Würdeverletzung darstellen. Zusätzlich lässt sich hier auch der Begriff der ‚Gattungswürde‘ anwenden (ASLAN et al., 2018). Denn nicht nur die Würdeverletzung Einzelner kann durch die Genom-Editierung geschehen, sondern auch die Verletzung der Würde der menschlichen Gattung (REICH et al., 2015). Der Begriff der Gattungswürde wird allerdings in Bezug auf seinen moralischen Gehalt kritisiert, da nur Individuen moralische Rechte besitzen können (BIRNBACHER, 2004). Wenn nur Individuen eine Würde besitzen können, so stellt sich die Frage nach dem Würdestatus des Embryos und dem Beginn des menschlichen Lebens (REICH et al., 2015). In der deutschen Gesetzgebung gelten Embryonen ab der Verschmelzung von Spermien und Eizelle als schützenswert (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019). Somit könnte ab diesem Moment von der Identität des ungeborenen Menschen gesprochen werden, wie es auch das Identitätskriterium beschreibt. Also sollte ab diesem Moment die Würde des Embryos geschützt werden (GEBHARD et al., 2005). Trotzdem wird die Frage, ob ein Embryo als Grundrechtsträger und somit auch als Würdeträger gilt, immer wieder diskutiert (ASLAN et al., 2018; EIBACH, 2005; REICH et al., 2015). Diese Frage kann einerseits wieder mit Hilfe der SKIP-Argumente beantwortet werden. Andererseits beginnt das Leben zwar mit der Verschmelzung von Spermien- und Eizelle, aber ein Bewusstsein tritt erst ab der Entstehung der Gehirnfunktion auf. Aus diesem Grund könnte der Embryo bis zum Zeitpunkt der Entwicklung seiner Gehirnfunktion als würdelos betrachtet werden (EIBACH, 2005). Dieser Auslegung zufolge könnten Embryonen mit der keimbahnverändernden Genom-Editierung behandelt werden, ohne ihre Würde zu verletzen. Eine andere Position in der Diskussion um den Beginn des Lebens beschreibt diesen erst ab der Geburt. Somit würde eine keimbahnverändernde Genom-Editierung nicht als Würdeverletzung angesehen werden, da erst ab der Geburt ein Grundrechtsstatus anerkannt wird (BIRNBACHER, 2004; GEBHARD et al.,

2005).

Darüber hinaus ist hinsichtlich der Menschenwürde auch ein Gebot von Lebensqualität zu verstehen (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019). Auf der einen Seite dürfen durch keimbahnverändernde Genom-Editierung entstandene Kinder nicht unnötig an den Folgen dieser Editierung leiden. Es muss also sichergestellt sein, dass die Folgen einer Genom-Editierung das menschliche Leben nicht entwürdigen (ebd.). Auf der anderen Seite kann auch eine Krankheit Leid hervorrufen. Infolgedessen muss die Genom-Editierung in jedem Fall das Leid der Krankheit aufheben können oder zumindest mindern (ASLAN et al., 2018).

Gleichzeitig könnte durch die keimbahnverändernde Genom-Editierung eine Einteilung in gutes und schlechtes Erbmateriale erfolgen. Eine solche Einteilung, die sich aus dem Sozialdarwinismus ableiten lässt, diskreditiert Träger von schlechtem Erbmateriale und kann so nicht nur die Würde dieses Menschen verletzen, sondern auch die Identität und Freiheit (WUKETIS, 2005). Der Sozialdarwinismus entsteht aus einem naturalistischen Fehlschluss bezüglich der Auslegung der Evolutionstheorie von Darwin. Der Sozialdarwinismus beschreibt, dass „aus dem *survival of the fittest* [...] wieder ein «Überleben des Stärksten» [wird], ein Überleben all jener, die sich, ganz gleich mit welchen Mitteln, wirtschaftlich behaupten“ (WUKETIS, 2005, S. 96). Argumente, die diese Übertragung einer biologischen Gesetzmäßigkeit zu Grunde legen, beschreiben eine natürliche Selektion von wertvolleren Lebensformen. Dabei würden Erbanlagen mit Krankheiten als weniger wertvoll erachtet werden, sodass auch der Mensch an sich einen geringeren Wert besäße. Mit dieser Einstellung lassen sich auch eugenische Maßnahmen, mit dem Ziel, den Anteil positiv bewerteter Erbanlagen zu steigern, durchsetzen. Darüber hinaus ließe sich auch eine Instrumentalisierung des Menschen rechtfertigen (HABERMAS, 2013). Aufgrund der fehlerhaften Auslegung der Evolutionstheorie von Darwin, aber auch der wertenden Haltung Erbanlagen gegenüber, wird der Sozialdarwinismus stark kritisiert (SCHOTT, 2002).

Eine Instrumentalisierung zu fremden Zwecken ohne Zustimmung ist eine Verletzung der Menschenwürde, da die Autonomie und Natürlichkeit dieser Person verletzt werden. Ausgehend von dieser Prämisse scheint die Keimbahntherapie mit der Menschenwürde unvereinbar, „weil durch die absichtliche Festlegung der genetischen Ausstattung durch Dritte eine Instrumentalisierung der Betroffenen erfolge, die deren Selbstzweckhaftigkeit widerspricht“ (ASLAN et al., 2018, S. 18). Somit würde eine keimbahnverändernde Genom-Editierung nicht nur die natürliche Entstehung in Frage stellen, sondern auch die Autonomie verletzen, die ein zentraler Bestandteil der Menschenwürde ist (HABERMAS, 2013). Denn nur ein selbstbestimmtes Leben kann auch ein würdiges Leben sein (ASLAN et al., 2018; BIRNBACHER, 2004; EIBACH, 2005).

Zusammengefasst lassen sich viele ethische Werte ermitteln, die von der keimbahnverändernden Genom-Editierung berührt werden. Die hier angesprochenen Werte bieten dabei einen Überblick, welcher nicht den Anspruch auf Vollständigkeit besitzt. Neben der Analyse der normativen Aspekte, die mit der keimbahnverändernden Genom-

Editierung verbunden sind, ist auch die Betrachtung unterschiedlicher Perspektiven und Folgen, welche diese mit sich bringt, notwendig.

2.2.4 Perspektiven und Folgen

In diesem Abschnitt werden die Folgen und betroffene Personenkreise sowie Institutionen näher erläutert. Dabei soll zwischen realistischen und nach aktuellem Forschungsstand eher unrealistischen Folgen unterschieden werden. Die unrealistischen Folgen könnten trotzdem in ferner Zukunft eintreten, da die aktuellen Schwierigkeiten bei der Umsetzung der Genom-Editierung irgendwann gelöst werden.

2.2.4.1 Realistische Folgen

Eine der wahrscheinlichsten und auch von vielen Wissenschaftlern und Ethikern positiv bewerteten Folgen ist die in Aussicht gestellte Heilung monogenetischer Erbkrankheiten wie Chorea Huntington oder familiäre Leukämie (MÜLLER & STRACK, 2018). So könnten im Rahmen der IVF (vgl. Kapitel 2.1.2.2) die Erbanlagen für monogenetische Krankheiten ausgetauscht werden und Embryonen ohne genetische Disposition einer Krankheit entstehen (MA et al., 2017). In diesem Fall könnten die editierten Menschen ein – in Bezug auf die eine Krankheit – sorgenfreies Leben führen. Auch die Familien müssten sich keine Gedanken über die Weitervererbung der Krankheit machen (MÜLLER & STRACK, 2018). Bevor allerdings eine solche Therapie durchgeführt werden kann, müssen nicht nur in der betroffenen Familie bestimmte Bedingungen erfüllt sein. Die Politik muss zusammen mit Wissenschaftlern, Juristen und Ethikern Gesetze und Regeln aufstellen, die den Einsatz der keimbahnverändernden Genom-Editierung unter den Gesichtspunkten einer erblich bedingten Krankheit zulassen. Dies ist auch schon im Jahr 2011 bei der Präimplantationsdiagnostik geschehen (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2013). Sie wird in Einzelfällen nach Prüfung der Sachlage zugelassen. Ein ähnliches Verfahren wäre auch für die Genom-Editierung denkbar (REICH et al., 2015). Wenn also eine solche Zulassung erfolgen sollte, müssten spezielle Ärzte ausgebildet und somit auch Krankenhäuser aufgerüstet und umgebaut werden. Außerdem wäre die Frage zu klären, ob die Krankenkassen einen solchen Eingriff in Anbetracht der Tatsache, dass sie später Kosten sparen könnten, übernehmen. Würde eine solche Leistung von Krankenkassen übernommen, hätte dies zudem Auswirkungen auf die gesamte Gesellschaft. Jeder könnte sich somit eine Keimbahntherapie leisten, wenn er durch die Einzelfallprüfung zugelassen würde. Aber auch Menschen, die keine Keimbahntherapie in Anspruch nehmen wollen oder können, sind betroffen. Einerseits kann die Einzelfallprüfung ergeben, dass aufgrund fehlender Notwendigkeit kein Anspruch auf die Keimbahntherapie besteht. Andererseits könnten sich

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

Menschen gegen eine Genom-Editierung entscheiden, da sie selbst keine Notwendigkeit in einer Durchführung sehen. An dieser Stelle müssten die Methoden der Genom-Editierung transparent gehalten werden, damit sich keine Vorurteile oder Ausgrenzungen editierten Menschen gegenüber ergeben (KNOEPFLER, 2018).

Da die Präimplantationsdiagnostik erlaubt ist, stellt sich die Frage, warum eine Genom-Editierung überhaupt noch notwendig ist? Die Antwort auf diese Frage ist simpel. Die Problematik einer Präimplantationsdiagnostik ist, dass ein „gesunder“ Embryo zwischen den „ungesunden“ gefunden werden muss (ASLAN et al., 2018). Allerdings gibt es auch Krankheiten, die von beiden Partnern oder einem Patienten mit zwei Kopien eines defekten, dominanten Gens (bspw. Chorea Huntington) weitervererbt werden. So können keine Embryonen ohne Erbanlagen für die Krankheit erzeugt werden. Für eben diese Paare wäre eine keimbahnverändernde Genom-Editierung „der einzige Weg, biologisch verwandte Kinder ohne eine solche Veranlagung bekommen zu können“ (GYNGELL et al., 2018, S. 165). Dass die Keimbahntherapie die Präimplantationsdiagnostik vollständig ersetzen kann, ist allerdings im Hinblick auf die Off-Target-Effekte unrealistisch. Aufgrund der hohen Off-Target-Quoten muss nicht nur überprüft werden, ob die gewünschte Veränderung im Embryo stattgefunden hat, sondern auch, dass keine weiteren Stellen verändert wurden. Somit wird eine Präimplantationsdiagnostik immer Bestandteil einer Keimbahntherapie bleiben. Es könnte höchstens die Erfolgswahrscheinlichkeit für ein gesundes Kind erhöht werden, die nach heutigem Stand der Forschung relativ gering ist (GYNGELL et al., 2019). Somit wäre eine weitere realistische Folge, dass die Präimplantationsdiagnostik effektiver wird.

Zudem könnten nicht nur erblich bedingte Krankheiten behandelt werden, sondern, wie schon in China 2018 geschehen, auch Immunität gegenüber Virusinfektionen gewährleistet werden. Besonders AIDS als Krankheit, die schon früher durch somatische Gentherapien behandelt wurde, könnte durch die Keimbahntherapie mit Hilfe geeigneter Gensequenzen vorgebeugt werden (REICH et al., 2015). Durch die Forschung an der Keimbahntherapie wird darüber hinaus erhofft, dass Krankheiten allgemein besser verstanden werden. So könnte langfristig eine Art Impfstoff gegen Schwangerschaftsabbrüche oder andere Probleme während der Schwangerschaft, die zu einer Einschränkung oder zum Tod des Kindes führen können, entwickelt werden (SCHÖNE-SEIFERT, 2017).

Weitere Folgen würden das Zusammenleben in der Gesellschaft betreffen. So kann es zu einer Veränderung der Beziehung zwischen Eltern und Kindern kommen, wenn letztgenannte sich instrumentalisiert fühlen. Des Weiteren bleibt abzuwarten, wie die Gesellschaft auf editierte Menschen reagiert. So kann es zu Ausgrenzungen und Protesten kommen (KNOEPFLER, 2018). Misstrauen gegenüber den Grenzen der Anwendung, ihrer Möglichkeit zur Optimierung des Menschen und ihrer Kommerzialisierung könnten durch Transparenz und klare Gesetze überwunden werden. Dennoch ist es denkbar, dass die Schere zwischen Armen und Reichen weiter wächst und sich möglicherweise nicht jeder eine Genom-Editierung leisten kann.

2.2.4.2 Unrealistische Folgen

Die größte Befürchtung, die mit der Keimbahntherapie verbunden ist, betrifft die Optimierung des Menschen, die zu sogenannten Designerkindern führt. Häufig wird in diesem Zuge auch von der Genom-Editierung zu Enhancement-Zwecken gesprochen. Enhancement kommt aus dem Englischen und bedeutet Verbesserung, Steigerung oder Erweiterung. In der Bioethik wird vor allem der medizinisch nicht notwendige Einsatz pharmakologischer oder biotechnischer Mittel zur Verbesserung, Leistungssteigerung oder Verschönerung als Enhancement bezeichnet (STROOP, 2015). Nicht nur aus ethischer und rechtlicher Sicht ist dieser Punkt allerdings schwer zu realisieren. Die meisten Merkmale, die das Äußere oder auch Begabungen betreffen, werden über mehrere Gene codiert (ASLAN et al., 2018). Dazu kommen epigenetische Effekte, die von der Umwelt und den Lebensbedingungen herrühren und ebenfalls Merkmale wie die Intelligenz beeinflussen. Neben Designerkindern, die übernatürlich schön und intelligent sind, werden auch Gedanken über skrupellose Soldaten, die durch die keimbahnverändernde Genom-Editierung erstellt werden könnten, geäußert (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019). Aber auch hier müssten viele verschiedene Merkmale verändert werden, um die Stärke und Gewissenhaftigkeit der Menschen zu beeinflussen. Dass solche Merkmale also über eine Genom-Editierung verändert werden, ist „aufgrund der komplexen Genetik wenig aussichtsreich“ (MÜLLER & STRACK, 2018, S. 17).

Gleiches gilt für die Heilung polygenetischer Krankheiten (bspw. Herz-Kreislauf-Erkrankungen). Zwar könnte die Methode der Genom-Editierung in Zukunft immer genauer werden, indem mehrere DNA-Stellen gleichzeitig repariert werden. Aber diese Anwendung wäre wesentlich aufwendiger und somit auch kostenintensiver (HÜBNER, 2018). Außerdem würde die Fehleranfälligkeit um ein Vielfaches erhöht, weshalb ein Einsatz aus sicherheitstechnischen Gründen in naher Zukunft eher unwahrscheinlich ist (MÜLLER & STRACK, 2018; SCHÖNE-SEIFERT, 2017).

Ein weiterer Forschungspunkt ist die Stammzellforschung. Durch die Genom-Editierung könnten aus Stammzellen funktionsfähige Gameten hergestellt werden (ASLAN et al., 2018). Die künstlich erzeugten Keimzellen könnten dann im Rahmen einer IVF befruchtet werden. Besonders gleichgeschlechtlichen Paaren und vor allem unfruchtbaren Menschen könnte so zu der Erfüllung des leiblichen Kinderwunsches verholfen werden (ebd.). Aus heutiger Sicht der Forschung ist eine solche Anwendung unwahrscheinlich, da es noch zu viele Sicherheitsbedenken gibt (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019).

2.2.5 Nationale und internationale Richtlinien zur klinischen Anwendung

Nachdem sowohl Argumente, Werte, Folgen als auch Perspektiven von Betroffenen näher erläutert wurden, sollen abschließend unterschiedliche rechtliche Auslegungen zur Genom-Editierung zusammengefasst werden. Zunächst werden dabei unterschiedliche

rechtliche Grundlagen zur Umsetzung der Genom-Editierung in Deutschland, der Europäischen Union, den Vereinten Nationen und verschiedenen anderen Ländern betrachtet. Es wird ebenfalls auf die oben dargestellten Handlungsoptionen Bezug genommen. Zuletzt kommt es zur Vorstellung von Stellungnahmen der nationalen und internationalen Ethikkommissionen.

2.2.5.1 Rechtliche Richtlinien

Wie die nationalen und internationalen Richtlinien für die Umsetzung der keimbahnverändernden Genom-Editierung sich unterscheiden, wird in den folgenden Abschnitten dargestellt.

Regelungen der deutschen Rechtsordnung

Rechtliche Vorgaben zur Anwendung einer Keimbahntherapie und der damit einhergehenden Problematik fehlen im deutschen Recht (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019). Zwar könnte sich aus dem Artikel 1 im Grundgesetz „ein kategorisches Verbot der Keimbahnintervention aus der Menschenwürdegarantie“ (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019, S. 101) ableiten lassen, aber es können auch die Gewährleistung von Wissenschaftsfreiheit und Fortpflanzungsfreiheit als Maßstab zur Bewertung der Genom-Editierung herangezogen werden.

Das EschG befasst sich ausdrücklich mit der Bewertung von Keimbahneingriffen. Dieses Gesetz verbietet gemäß §5 Abs. 1, „die Erbinformationen einer Keimzelle künstlich zu verändern“. Dabei gilt schon der Austausch mindestens eines Basenpaares des gesamten Genoms durch menschliches Eingreifen als eine künstliche Veränderung (GÜNTHER et al., 2014). Allerdings handelt es sich bei dem Embryonenschutzgesetz um ein Strafgesetz, weshalb es keine tiefergehenden Regelungen einer Keimbahnintervention enthält, sondern lediglich einzelne Sachverhalte verbietet (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019). Laut ESchG ist es nicht nur strafbar, eine Keimzelle künstlich zu verändern, sondern auch diese zur Befruchtung zu bringen. Im §1 Abs. 1 und §2 des ESchG wird zudem noch „die Herstellung und Verwendung menschlicher Embryonen zu Forschungszwecken, also auch zur Erprobung und Entwicklung von Keimbahninterventionstechniken“ (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019, S. 82) verboten. Durch fehlende Spezifikationen der Regelungen ist die Veränderung einer Keimzelle in-vitro erlaubt, wenn eine Befruchtung dieser Keimzelle ausgeschlossen wird. Ebenfalls findet das Verbot der Keimbahnintervention keine Anwendung, wenn Zellkerne von unbefruchteten Keimzellen durch Zellkerne anderer Keimzellen oder somatischer Zellen ausgetauscht werden. Auch Keimzellen, die aus pluripotenten Stammzellen hergestellt werden, sind laut Embryonenschutzgesetz nicht verboten (ebd.). Unter der Bedingung, dass die Keimzelle nicht zur Befruchtung eingesetzt wird, schließt die aktuelle, deutsche Gesetzeslage „die Verwendung der Technologien der Genom-Editierung zur Forschung an menschlichen Keimzellen nicht aus“

(ASLAN et al., 2018, S. 8). Somit steht die deutsche Rechtslage zwischen den Handlungsoptionen eines vollständigen Verbotes und einer Anwendung zu Forschungszwecken.

Regelungen in ausländischen Rechtsordnungen

In den nationalen Verfassungen anderer Länder lassen sich unterschiedliche Handlungsspielräume erkennen. Der Art. 119 Abs. 2 der Schweizer Bundesverfassung verbietet jeglichen Eingriff in das Erbgut von menschlichen Keimzellen und schützt somit die Menschenwürde, die Persönlichkeit und Familien (SCHWEIZER & SCHOTT, 2008). In Israel dürfen ähnlich wie in Großbritannien nicht zur Fortpflanzung genutzte Embryonen in der Forschung eingesetzt werden. In Großbritannien wird hierfür allerdings zunächst eine Lizenz benötigt und die Embryonen dürfen nur in den ersten 14 Tagen verwendet werden (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019). In den USA und in China wird eine punktuelle Steuerung von Forschungen an Embryonen durchgesetzt. Dafür werden in den USA nur begrenzte Forschungsmittel vergeben, um die Forschung zu fördern oder zu erschweren (ebd.). In China werden die Forschungen staatlich an Wissenschaftler verteilt, um so einen Überblick zu behalten. Dieses System scheint allerdings nicht unumgänglich zu sein, wie die Geburt der CRISPR-Zwillinge Ende 2018 beweist (CYRANOSKI & LEDFORD, 2018). Somit sind in den meisten aufgeführten Ländern die Handlungsoptionen im Rahmen der Forschung an der Keimbahntherapie beschränkt.

Regelungen in der inter- und supranationalen Rechtsordnung

Eine klare Regelung für die Anwendung der Keimbahntherapie gibt es in der Europäischen Union innerhalb der Grundrechtecharta nicht. In Art. 3 Abs. 2b der Grundrechtecharta sind eugenische Praktiken und auch das reproduktive Klonen als rechtswidrig eingestuft, therapeutische Anwendungen könnten davon jedoch ausgenommen sein (CALLIESS & RUFFERT, 2016). Die von beispielsweise Deutschland und Großbritannien nicht ratifizierte Biomedizinkonvention des Europäischen Rates verbietet nach Art. 13 gezielte Interventionen zur Veränderung des Genoms von nachfolgenden Generationen. Eine genaue Abgrenzung und Auslegung dieses Artikels bleibt allerdings aus. So sollen unter anderem somatische Veränderungen, die eine Auswirkung auf die Keimbahn haben, trotzdem erlaubt sein (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019).

Die UNESCO bleibt in ihrer Rechtslage wesentlich undeutlicher. So widerspricht eine Keimbahnintervention der Menschenwürde, allerdings wird ein ausdrücklicher Verstoß nicht festgestellt und auch kein Verbot einer Keimbahnintervention ausgesprochen (KERSTEN, 2004). Das Internationale Bioethikkomitee hat hierzu alle Mitgliedstaaten zu einem Moratorium an Keimbahnveränderungen aufgerufen, um die ethischen Grundsätze und rechtliche Regelungen einer Keimbahnintervention zu diskutieren (INTERNATIONAL BIOETHICS COMMITTEE, 2015).

Zusammenfassend scheint die Handlungsoption einer Erlaubnis der Genom-Editierung zu Forschungszwecken in vielen nationalen und internationalen Gesetzgebungen Konsens zu sein.

2.2.5.2 Stellungnahmen der nationalen und internationalen Ethikkommissionen

Auch die nationalen und internationalen Ethikkommissionen thematisieren den Einsatz der Genom-Editierung und versuchen so, ethische Richtlinien aufzustellen. Dabei werden auch Grenzen und Möglichkeiten der Genom-Editierung am Menschen diskutiert.

Stellungnahme der deutschen Ethikkommission

Nach eindringlicher Betrachtung von Keimbahninterventionen und der Abwägung von unterschiedlichsten Argumenten und Orientierungsmaßstäben hat der DEUTSCHE ETHIKRAT sieben Schlussfolgerungen für den Einsatz einer keimbahnverändernden Genom-Editierung erstellt (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019):

1. „Aus der ethischen Analyse ergibt sich keine kategorische Unantastbarkeit der menschlichen Keimbahn“ (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019, S. 232).
2. Neben einer Chancen-Risiken-Abwägung müssen auch „die ethischen Orientierungsmaßstäbe Menschenwürde, Lebens- und Integritätsschutz, Freiheit, Schädigungsvermeidung und Wohltätigkeit, Natürlichkeit, Gerechtigkeit, Solidarität und Verantwortung“ (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019, S. 232) betrachtet werden.
3. Die Sicherheit der Genom-Editierung muss gewährleistet sein, bevor sie zur Anwendung kommt.
4. Die Bundesregierung sollte auf internationaler Ebene, vorzugsweise über die Vereinten Nationen, ein Moratorium für den klinischen Einsatz der keimbahnverändernden Genom-Editierung durchsetzen.
5. Grundlagenforschungen in-vitro, ohne dabei menschliche Embryonen zu verwenden, sollten mit dem Ziel der Erforschung von Auswirkungen der Keimbahntherapie gefördert werden.
6. Es sollte eine internationale Institution ins Leben gerufen werden, welche die Anwendung der Keimbahninterventionen regelt und Lösungsvorschläge für auftretende Probleme bereitstellt.
7. Die Möglichkeiten und Risiken der keimbahnverändernden Genom-Editierung müssen international diskutiert werden.

Neben diesen Schlussfolgerungen wurden für das Gelingen eines solchen Diskurses Fragen aufgestellt, die es auf dem Weg zur praktischen Anwendung der Genom-Editierung zu beantworten gilt. Um diese Fragen übersichtlich darzustellen, wurde ein graphischer

Entscheidungsbaum erstellt (vgl. Abb. 2.7).

Die **erste Frage**, ob die menschliche Keimbahn unantastbar ist, hat der Ethikrat, verneint. Da der Würde- oder der Lebensschutz nur (potentiellen) Personen inne sein könne, gelte ein Würdeanspruch nicht für die Keimbahn an sich (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019). Durch die Verneinung dieser Frage gelangt der Ethikrat zur Frage 2 auf ihrem Entscheidungsbaum.

Die **zweite Frage**, ob das Ziel, eine Keimbahnintervention durchzuführen, weiterverfolgt werden sollte, bejaht ein Großteil des Ethikrates. Trotzdem ist die keimbahnverändernde Genom-Editierung zur Prävention von Krankheiten im Vergleich zu schon existierenden Praktiken, wie beispielsweise der PID, zu aufwendig (ebd.).

Zur Beantwortung der **dritten Frage**, ob verbrauchende Forschung an Embryonen durchgeführt werden darf, können vier unterschiedliche Pfade eingeschlagen werden. Diese gehen von der ganzheitlichen Ablehnung einer Forschung an Embryonen über die ausnahmsweise Zulassung als letztes Mittel, bis hin zur grundsätzlichen Zulassung an überschüssigen Embryonen oder eigens für die Forschung hergestellten Embryonen.

Die Mehrheit des Deutschen Ethikrates entschließt sich für die Zulassung einer Forschung an Embryonen (ebd.). Nur eine Verneinung der Frage drei würde zur Frage vier führen. Diese **vierte Frage**, ob man Ergebnisse einer Forschung nutzen sollte, die man selbst ablehnt, ist vom Ethikrat nicht eindeutig beantwortet worden. Einerseits müssten die Ergebnisse aus Studien überprüft werden, um eigene Erfahrungen mit der Methode sammeln zu können. Andererseits könnte die Anzahl von in präklinischen Studien verbrauchten Embryonen minimiert werden, wenn die Ergebnisse anderer akzeptiert würden (ebd.). Da aber die dritte Frage, ob Forschung an Embryonen vertretbar ist, mit Ja beantwortet wurde und somit als Konsequenz eine Zulassung der Embryonenforschung gegeben ist, kann die Frage vier zunächst vernachlässigt werden. Vielmehr schließt sich die **fünfte Frage** an, ob in eine klinische Forschung übergegangen werden darf.

Für die Beantwortung dieser Frage wurden zwei Bedingungen aufgestellt, die erfüllt werden müssen (ebd.):

- Die Sicherheit und Wirksamkeit der Methode müssen gewährleistet werden.
- Es müssen angemessene Prozeduren und Begleitstrukturen etabliert werden.

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

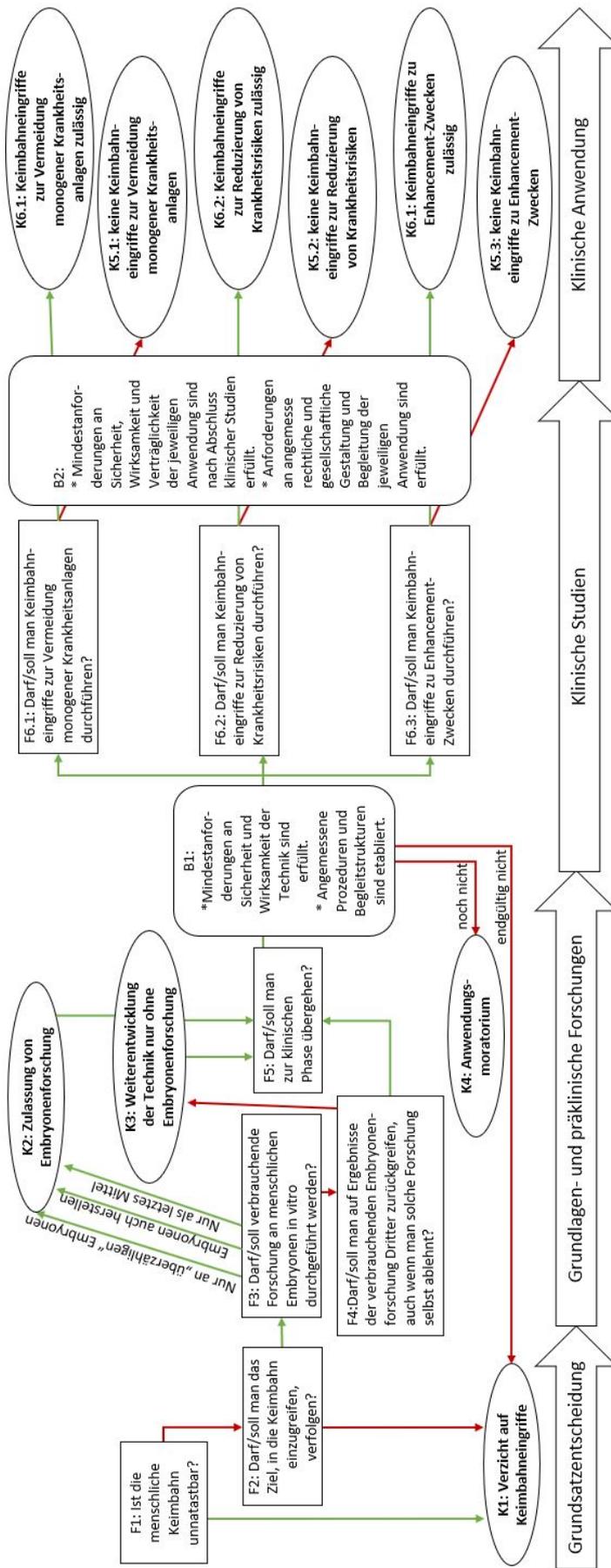


Abbildung 2.7: Entscheidungsbaum des Deutschen Ethikrates zur Anwendung der Genom-Editierung (Abbildung verändert nach: Deutscher Ethikrat, 2019)
 In eckigen Kästen befinden sich die zentralen Fragen (F), die es in Bezug auf die Anwendung der Genom-Editierung zu klären gilt. Konsequenzen (K), die sich als Antworten auf die Fragen ergeben, werden mit ovalen Textfeldern dargestellt. Falls es Bedingungen (B) gibt, die erfüllt werden müssen, sind diese in abgerundeten Textfeldern markiert. Rote Pfeile stehen für eine Verneinung einer Frage, wohingegen grüne Pfeile bejahend auf Fragen antworten.

Da die Forschung derzeit noch einige Sicherheitslücken durch beispielsweise Off-Target-Effekte aufweist, „empfiehlt der Deutsche Ethikrat zum jetzigen Zeitpunkt einstimmig ein Anwendungsmoratorium“ (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019, S. 245). Somit gelangt der Ethikrat vorläufig zur vierten Konsequenz seines Entscheidungsbaumes, nämlich einem Moratorium zur Anwendung der keimbahnverändernden Genom-Editierung (vgl. Abb. 2.7). Sollten die Bedingungen allerdings zu gegebener Zeit erfüllbar sein, „fasst der Deutsche Ethikrat abschließend die möglichen Bewertungen von Keimbahneingriffen zur Vermeidung monogen bedingter Erkrankungen, zur Reduzierung von Krankheitsrisiken und zu Enhancement-Zwecken zusammen“ (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019, S. 47). Die **sechste Frage** wird in diese drei Anwendungsbereiche aufgegliedert, wobei keiner dieser Bereiche generell ausgeschlossen wird. Aufgrund der Orientierungsmaßstäbe Leidverringerung und Freiheit lässt sich die Anwendung von keimbahnverändernder Genom-Editierung zur Vermeidung von monogenen Krankheiten befürworten. Gegen eine solche Anwendung stehen die Orientierungsmaßstäbe Gerechtigkeit und Autonomie. Die Mehrheit des Deutschen Ethikrates befürwortet allerdings die Keimbahninterventionen zur Vermeidung von monogenen Krankheiten.

Ähnliche Maßstäbe lassen sich auch bei der Anwendung der Genom-Editierung zur Reduktion von Erkrankungsrisiken und zur Anwendung für Enhancement-Zwecke finden. Die reproduktive Freiheit der Eltern und auch die Freiheit der zukünftigen Person könnte durch eine solche Anwendung gewahrt und langfristig gesichert werden. Allerdings könnte „eine Reduktion der künftig erkrankenden Personen auf einen bloßen ‚Kostenfaktor‘ und damit deren ‚Verdinglichung‘ [begünstigt werden], was die Anerkennung ihrer Selbstzwecklichkeit faktisch erodieren lassen könne (Orientierungsmaßstab Menschenwürde)“ (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019, S. 253). Besonders die Optimierung des Menschen sollte auch unter dem Wert der Gerechtigkeit beleuchtet werden, da eine ungerechte Verteilung der Genom-Editierung für Enhancement-Zwecke die Gesellschaft belasten könnte. Beide Fragen zur Anwendung von der Genom-Editierung zu Enhancement-Zwecken und zur Reduzierung von Krankheitsrisiken werden aufgrund der großen Spannbreite und Komplexität nicht zur Abstimmung gebracht (ebd.).

Der DEUTSCHE ETHIKRAT schließt sich somit der Handlungsoption an, dass die Genom-Editierung beforscht werden sollte. Falls sie sich als sicher genug erweist, wäre eine Anwendung für monogenetische Krankheiten in Einzelfällen denkbar.

Stellungnahmen der ausländischen Ethikkommissionen

In allen Stellungnahmen von ausländischen Ethikkommissionen lassen sich Bedenken gegenüber der Sicherheit der Genom-Editierung finden (NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING AND MEDICINE, 2017; NUFFIELD COUNCIL ON BIOETHICS, 2018). Das COMMITTEE ON HUMAN GENE EDITING, das in den USA ethische Richtlinien zur Bewertung der Genom-Editierung festgelegt hat, befürwortet den klinischen Einsatz erst, wenn die Methode sicher genug ist. Außerdem sollte ein gesellschaftlicher Konsens über die Regularien der Genom-Editierung herrschen (NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING AND MEDICINE, 2017). Es wird hier ebenfalls auf Vorsicht

plädiert, aber kein generelles Verbot der Forschung oder Anwendung explizit gefordert. Dennoch wird eine Anwendung der Genom-Editierung für „clinical trials of somatic or germline genome editing for purposes other than treatment or prevention of diseases or disability“ (NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING AND MEDICINE, 2017, S. 159) abgelehnt.

Der Nuffield Report vom Nuffield Council on Bioethics aus Großbritannien bewertet die Optimierung von Menschen durch Genom-Editierung als verantwortungslos. Trotzdem wird ein Einsatz zu Enhancement-Zwecken nicht kategorisch ausgeschlossen. Vielmehr soll eine Debatte geführt werden, in der die Sicherheit und auch Auswirkungen der Genom-Editierung näher erläutert werden. Zudem müssten strenge Regeln und klare Fallabgrenzungen geschaffen werden. Nur wenn die Genom-Editierung sicher genug ist und nicht zur Diskriminierung, zum Nachteil anderer oder zu sozialer Ungerechtigkeit beiträgt, darf diese Methode auch zu Enhancement-Zwecken angewendet werden.

Stellungnahme der European Group on Ethics in Science and New Technologies

Die EUROPEAN GROUP ON ETHICS IN SCIENCE AND NEW TECHNOLOGIES hat in ihrem „Statement on Gene Editing“ 2016 aufgrund der Orientierungsmaßstäbe der Menschenwürde, Gerechtigkeit, Gleichheit, Autonomie und auch der Sicherheit ein Moratorium für die Forschung an der keimbahnverändernden Genom-Editierung gefordert. Es wird explizit nicht nur von der klinischen Forschung gesprochen, sondern jegliche Forschung abgelehnt, da die Grenze zwischen Grundlagenforschung und weiterführender Forschung unklar erscheint (EUROPEAN UNION, 2016). Außerdem wird ein öffentlicher Diskurs gefordert, der nicht nur die Genom-Editierung am Menschen, sondern die Methode generell bewertet. Somit schließt sich die Europäische Ethikkommission der Handlungsoption eines vollständigen Verbots an, bis nähere Informationen und Diskurse zur Genom-Editierung geführt wurden.

Stellungnahme der Vereinten Nationen

Der Skandal um die CRISPR-Zwillinge hat das Bioethik Komitee der UNESCO dazu bewogen, eine vorläufige Stellungnahme herauszubringen. Dabei wird das Enhancement aus Gründen der Eugenik abgelehnt. Die Anwendung der Genom-Editierung sollte sich auf Diagnose, Prävention und Therapie beschränken. Außerdem fordert die UNESCO keine Anwendung der Genom-Editierung im klinischen Sinne, bis Auswirkungen dieser genauer aufgeklärt sind. Es wird angestrebt, international anerkannte Prinzipien zu schaffen, welche die Sicherheit der Genom-Editierung gewährleisten und auch Grenzen ihrer Anwendung aufzeigen sollen (UNESCO, 2018).

2.2.6 Stand der Forschung – Einstellungen zur Genom-Editierung

Auch wenn in der wissenschaftlichen Gemeinschaft schon eine große Debatte über die Anwendung der Genom-Editierung als Keimbahntherapie geführt wird, ist diese nicht ausreichend öffentlich gemacht. Unterschiedliche Studien, die in den USA, China und Japan aber auch weltweit die Einstellungen bezüglich der Keimbahntherapie und der Genom-Editierung untersuchten, ergaben einige Bedenken und Hoffnungen, die hinsichtlich eines Einsatzes solcher Technologien bestehen.

In einer groß angelegten Studie in Kanada und den USA haben ROBILLARD et al. (2014) die Einstellungen zur Keimbahntherapie von 467 Teilnehmenden aus allen Bevölkerungsschichten mit Hilfe eines Online-Fragebogens erhoben. Dabei haben sich 75% der Teilnehmenden für den Einsatz einer Gentherapie zur Behandlung von Krankheiten ausgesprochen. Offen bleibt dabei allerdings, ob es sich um den Einsatz einer Keimbahntherapie oder einer somatischen Gentherapie handelt. 39% der Teilnehmenden sprachen sich sogar für einen nicht therapeutischen Einsatz der Gentherapie aus. Die Teilnehmenden äußerten allerdings auch die Angst, zu wenig Informationen über Fortschritte der Forschung zu bekommen.

Eine Optimierung des Menschen berührt jedoch unterschiedliche normative Aspekte, wie z.B. die Spaltung der Gesellschaft, die Gerechtigkeit des Zugangs zu den Technologien, die Diskriminierung Andersartiger und die Identität der veränderten Menschen (ROBILLARD et al., 2014). Trotzdem sind nur wenige der befragten Probanden davon überzeugt, dass eine Veränderung des Menschen gegen die Natur geschieht (ebd.).

Auch in China wurde eine ähnliche Studie mit 579 Medizinstudierenden durchgeführt (XIANG et al., 2015). Dabei gaben 94% der Teilnehmenden an, dass sie schon einmal von der Möglichkeit einer Keimbahntherapie gehört haben. 40% der Probanden würden die Keimbahntherapie im Falle einer Krankheit bei sich selbst anwenden. Diese beschränken den Einsatz allerdings auf schwere, tödlich verlaufende Krankheiten und schließen Behinderungen sowie Optimierungen und andere Krankheiten aus. 35% der Befragten sind gegen einen Einsatz der Keimbahntherapie und begründen dies mit Angst vor den Nebenwirkungen, den entstehenden Kosten und der Unnatürlichkeit der Methode. Zusätzlich bestehe die Gefahr, die Identität des Ungeborenen dauerhaft zu stören. Insgesamt bringen die Studierenden der Methode wenig Akzeptanz entgegen, da sie befürchten, dass die Bevölkerung weiter wachse und immer älter würde und es sich um ein Privileg für Reiche handeln könne. Außerdem spielen die Privatsphäre und auch genetische Diskriminierung eine Rolle bei der Entscheidung gegen die Keimbahntherapie (XIANG et al., 2015).

Auch die Genom-Editierung ist Gegenstand einiger groß angelegter Studien gewesen (MCCAUGHEY et al., 2016; UCHIYAMA et al., 2018). So ergab eine japanische Studie von UCHIYAMA et al. (2018) mit 11925 Teilnehmenden, die mit einem Online-Fragebogen befragt wurden, dass eine Anwendung der Genom-Editierung als Keimbahntherapie für Krankheiten nicht als verwerflich empfunden wird. Dennoch werden die Risiken

der Methode hoch eingeschätzt. Darüber hinaus wurde ein Mangel an Fachwissen und Verständnis für den Einsatz einer keimbahnverändernden Genom-Editierung festgestellt (UCHIYAMA et al., 2018).

Ähnliche Ergebnisse ergaben sich bei einer weltweiten Studie von MCCAUGHEY et al. schon 2016. In einer Online-Umfrage wurden 12562 Personen aus 185 Ländern zu ihrer Einstellung zur Genom-Editierung befragt. Dabei stellte sich heraus, dass die somatische Gentherapie generell von einem Großteil der Befragten akzeptiert wird, wohingegen die Keimbahntherapie ausschließlich für schwere Krankheiten erlaubt sein sollte (MCCAUGHEY et al., 2016).

In einer australische Studie wurden 41 Schüler mit Online-Fragebögen in einem Prä-Post-Test-Design befragt und zu unterschiedlichen Biotechnologien sowie deren Auswirkung auf den Menschen unterrichtet (VAN LIESHOUT & DAWSON, 2016). Dabei wurde deutlich, dass 45% der Schüler Gentechnologie zum Einsatz am Menschen befürworten und 40% diesen Einsatz ablehnen. Die restlichen Schüler konnten sich nicht für oder gegen eine Position entscheiden. Besonders groß scheinen in diesem Zusammenhang Ängste vor möglichen Designerbabies. Auch eugenische oder sozialdarwinistische Argumente wurden gegen den Einsatz der Gentherapie am Menschen genutzt (ebd.). Für eine Keimbahntherapie sprächen hingegen die Rechte der Eltern, ein eigenes gesundes Kind zu bekommen sowie unterschiedliche soziale und gesellschaftliche Interessen, wie z.B. Kostenersparnis aufgrund einer ausbleibenden Krankheit. Dabei wurden insgesamt nur wenige ethische Aspekte in der Darstellung der eigenen Interessen berücksichtigt (ebd.). ČRNE-HLADNIK et al. (2009) haben die Einstellung von 469 slowenischen Schülern zur Keimbahntherapie mittels eines Paper-Pencil-Tests erhoben. Der Nutzen der Keimbahntherapie wurde von den meisten Schülern hinterfragt. Zwar böte diese Therapie die Möglichkeit, Krankheiten zu heilen, aber die unbekanntes Nebenwirkungen, der Eingriff in die Natur sowie der mögliche Missbrauch der Methode sprechen gegen den Einsatz einer Keimbahntherapie. Außerdem wurde die Autonomie des Ungeborenen thematisiert.

Auffällig ist, dass es noch an gezielten Studien zu den Einstellungen zur keimbahnverändernden Genom-Editierung im deutschen Raum fehlt. So sollten unter anderem auch Jugendliche als zukünftige Anwender der Genom-Editierung mit in die ethische Debatte einbezogen werden. Aus diesem Grund fordern BALTIMORE et al. (2015, S. 37), dass Foren kreiert werden müssen „in which experts from scientific and bioethics communities can provide information and education about this new era of human biology [...] and the attendant ethical, social, and legal implications of genome modification“.

2.2.7 Zusammenfassung der bioethischen Debatte

Im Folgenden werden die oben ausführlich dargestellten Handlungsoptionen sowie ausgewählte Argumente und die darin enthaltenen Orientierungsmaßstäbe zusammenge-

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

fasst.

Tabelle 2.2: Pro- und Contra-Argumente zum vollständigen Verbot der keimbahnverändernden Genom-Editierung.

Handlungsoption	Pro-Argumente	Contra-Argumente
Vollständiges Verbot	<p>Die Genom-Editierung ist einfach und kostengünstig anzuwenden, aus diesem Grund ist ein Missbrauch der Methode zur nicht zweckmäßigen Anwendung denkbar. Ein Missbrauch sollte allerdings verhindert werden, weshalb ein generelles Verbot der Anwendung der Genom-Editierung sinnvoll wäre.</p> <p>Berührte Werte: Sicherheit, wirtschaftliche Werte</p>	<p>Es liegt in der Verantwortung der heutigen Generation technische und medizinische Fortschritte zu entwickeln. Aus diesem Grund sollte die Genom-Editierung zur Anwendung an Embryonen nicht vollständig verboten werden.</p> <p>Berührte Werte: Fortschritt, Verantwortung, Gesundheit, Freiheit</p>
	<p>Zukünftige Generationen können der Genom-Editierung nicht zustimmen. Eine Zustimmung sollte aber grundsätzlich notwendig sein, um eine Instrumentalisierung der zukünftigen Generationen zu verhindern.</p> <p>Berührte Werte: Würde des Menschen, Freiheit, Autonomie, Sicherheit, Verantwortung</p>	<p>Ein gesundes Leben ohne seelische, psychische und physische Einschränkungen kann als würdevoll betrachtet werden. Wenn ein solches Leben nur durch eine keimbahnverändernde Genom-Editierung erreicht werden kann, sollte diese eingesetzt werden dürfen.</p> <p>Berührte Werte: Würde des Menschen, Gesundheit, Leidverringering</p>

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

Table 2.3: Pro- und Contra-Argumente zur Erlaubnis in der Forschung oder in Ausnahmefällen der keimbahnverändernden Genom-Editierung.

Handlungsoption	Pro-Argumente	Contra-Argumente
Erlaubnis zur Forschung oder in Ausnahmefällen	<p>Die Sicherheit der Genom-Editierung ist noch nicht vollständig gegeben. Da allerdings ein Mindestmaß an Sicherheit gewährleistet werden sollte, sollte die Genom-Editierung zur Anwendung an Embryonen erforscht werden.</p> <p>Berührte Werte: Sicherheit, Fortschritt</p>	<p>Es ist nicht sicher, ob eine Genom-Editierung von gesetzlichen Krankenversicherungen übernommen werden würde. Um einer Vergrößerung der Schere zwischen Arm und Reich entgegenzuwirken, sollte eine Genom-Editierung an Embryonen nicht verwirklicht werden.</p> <p>Berührte Werte: Gerechtigkeit, wirtschaftliche Werte</p>
	<p>Durch einen Einsatz der keimbahnverändernden Genom-Editierung könnten kinderlose Paare mit Prädispositionen für schwere Krankheiten eigene Kinder bekommen. Jedes Paar sollte das Recht auf eigene Kinder und die Freiheit, die Fortpflanzung selbst zu gestalten, haben, wenn es eine Möglichkeit dafür gibt.</p> <p>Berührte Werte: Freiheit, Gerechtigkeit, Autonomie, Gesundheit</p>	<p>Eine Anwendung der Genom-Editierung zur Veränderung des Erbguts von Embryonen könnte nicht nur zur Vermeidung von Krankheiten, sondern zu Enhancement-Zwecken eingesetzt werden. Um die Hemmschwelle eines Einsatzes der Genom-Editierung zu Enhancement-Zwecken nicht abzusenken, sollte ihr Einsatz generell verboten werden.</p> <p>Berührte Werte: Verantwortung, Individualität</p>

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

Tabelle 2.4: Pro- und Contra-Argumente zur vollständigen Erlaubnis der keimbahnverändernden Genom-Editierung.

Handlungsoption	Pro-Argumente	Contra-Argumente
Vollständige Erlaubnis	<p>Mit der Genom-Editierung können nicht nur Krankheiten geheilt werden, sondern auch andere Einschränkungen beseitigt werden, was eine Verbesserung der Lebensqualität mit sich bringt. Eine Verbesserung der Lebensqualität sollte in jedem Falle genutzt werden.</p> <p>Berührte Werte: Wohl des Menschen/ Leidverringern, Verantwortung, Gerechtigkeit</p>	<p>Genom-editierte Menschen werden durch gezielte Befruchtung und künstliche Eingriffe in die DNA hergestellt. Solche Veränderungen, die möglicherweise die Eigenschaften der zukünftigen Menschen verbessern, sollten nicht erlaubt werden, da sie widernatürlich sind.</p> <p>Berührte Werte: Natürlichkeit, Individualität, Verantwortung, Gerechtigkeit</p>
	<p>Durch die Genom-Editierung könnte es zu einer Optimierung des Menschen und damit verbundenen besseren Startchancen ins Leben kommen. Solche Potentiale sollten zukünftigen Generationen nicht vorenthalten werden, da sie das Wohlergehen steigern.</p> <p>Berührte Werte: Wohl des Menschen, Freiheit, Verantwortung, Würde des Menschen</p>	<p>Jeder Mensch ist einzigartig und in seiner Würde unantastbar. Diese Einzigartigkeit und Würdehaftigkeit sollte nicht durch Veränderungen im Genom gefährdet werden.</p> <p>Berührte Werte: Individualität, Würde des Menschen, Autonomie, Freiheit</p>

Abschließendes Urteil:

Es gibt international unterschiedliche Ansichten, ob das Erbgut von Embryonen verändert werden darf. In Deutschland sind derzeit weder eine Forschung an Embryonen noch ein Einsatz der Genom-Editierung unter bestimmten Gesichtspunkten erlaubt. Dennoch ist sich der DEUTSCHE ETHIKRAT einig, dass unter Wahrung verschiedener Orientierungsmaßstäbe wie beispielsweise der Würde des Menschen, der Leidverringern und der Gerechtigkeit eine Anwendung einer keimbahnverändernden Genom-Editierung an Embryonen zur Forschung erlaubt werden sollte. Sobald die Methode der Genom-Editierung als sicher genug eingestuft wird und entsprechende rechtliche Regelungen zum klinischen Einsatz der Genom-Editierung entworfen sind, dürften Embryonen zur Vermeidung von monogenetischen Krankheiten editiert und eingepflanzt werden. Auch in anderen Ländern sowie der Europäischen Union gilt die Sicherheit der keimbahnverändernden Genom-Editierung als wichtigstes Gut, um eine Zulassung für

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

klinische Studien zu gewährleisten. Dabei wird insbesondere in China und den Vereinigten Staaten auch eine Anwendung zu Enhancement-Zwecken nicht vollständig ausgeschlossen.

Zusammenfassung:

- *Das zentrale ethische Problem der Genom-Editierung ist die Veränderung der menschlichen Keimbahn und die daraus resultierenden Folgen für alle nachfolgenden Generationen sowie die Frage nach den Risiken eines Einsatzes.*
- *Mögliche Handlungsoptionen wären das vollständige Untersagen, das vollständige Erlauben und das reglementierte Zulassen zu Forschungszwecken oder in Ausnahmefällen.*
- *Durch einen Einsatz der keimbahnverändernden Genom-Editierung werden verschiedene ethische Werte wie die Würde des Menschen, Gerechtigkeit, Gesundheit und Leidverringerung berührt.*
- *Die Folgen einer keimbahnverändernden Genom-Editierung können sich sowohl auf die Gesellschaft als auch das Individuum an sich beziehen.*
- *Die rechtliche Regelung für einen Einsatz der keimbahnverändernden Genom-Editierung reicht von einem vollständigen Verbot bis hin zur begrenzten Erlaubnis.*
- *Es gibt internationale Studien, welche die Einstellungen unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen zur Genom-Editierung erhoben haben. Die Einstellung deutscher Jugendlicher wurde bisher noch nicht erhoben.*

2.3 Bewertung bioethischer Konflikte im Unterricht

Zur Einbindung bioethischer Konflikte in den Schulunterricht gibt es international und national unterschiedliche methodische Ansätze. So werden im internationalen Naturwissenschaftsunterricht das Konzept der **Socioscientific Issues** (kurz: **SSI**) zur Einbindung bioethischer Themen genutzt. In Deutschland regeln **Bildungsstandards** die Inhalte des Unterrichts. In diesen Standards wird unter anderem auch die Förderung der ethischen **Bewertungskompetenz** gefordert. Sowohl die Socioscientific Issues als auch die Bewertungskompetenz werden in diesem Kapitel näher erläutert.

2.3.1 Socioscientific Issues

In internationalen, naturwissenschaftlichen Schulcurricula gewinnt das ethische Bewerten von Kontexten wie der keimbahnverändernden Genom-Editierung vermehrt an Bedeutung (JONES et al., 2010; MCKIM, 2010; RATCLIFFE, 1997).

Besonders im angloamerikanischen Raum hat sich das Konzept der Socioscientific Issues zur Integration von ethischen Themenfeldern in den naturwissenschaftlichen Unterricht etabliert (SADLER, 2004, 2011). Unter SSI fallen Problemstellungen und Dilemmata, die gesellschaftlich kontrovers diskutiert werden und für soziale Zusammenhänge relevant sind. Dabei sollten sie naturwissenschaftliche und soziale Komponenten beinhalten (SADLER, 2004). Genauer definiert SADLER (2004, S. 513): „Socioscientific issues encompass social dilemmas with conceptual or technological links to science“. Es handelt sich dabei um Themen, die Lernende dazu ermutigen, Dialoge, Diskurse oder Debatten zu führen (ZEIDLER & SADLER, 2009). SSI sind zudem „usually controversial in nature but have the added element of requiring a degree of moral reasoning or the evaluation of ethical concerns in the process of arriving at decisions regarding possible resolution of those issues“ (ZEIDLER & SADLER, 2009, S. 49). Per Definition sind SSI also komplexe, offene und kontroverse Dilemmata ohne eine eindeutige Antwort (SADLER, 2004). Häufig erfordern SSI fächerübergreifende Kompetenzen, da zur Diskussion dieser Dilemmata Informationen aus unterschiedlichen Fachrichtungen benötigt werden. Zusätzlich unterstreichen die vielfältigen zu berücksichtigenden Werte und Normen die Komplexität der SSI (KOLSTØ, 2001; ZEIDLER & SADLER, 2007). Dabei eignet sich nicht nur die keimbahnverändernde Genom-Editierung als Kontext, sondern auch Themenbereiche wie die Stammzellforschung, globale Erwärmung oder Massentierhaltung können in den Unterricht integriert werden. Eine solche kontextuelle Einbettung erleichtert das Verstehen wissenschaftlicher Informationen und hebt die Relevanz dieser Themen für den eigenen Alltag hervor (ZEIDLER & SADLER, 2009).

Als zentrale Aspekte im SSI-Ansatz gelten die Kommunikations- und Argumentationsfähigkeit. Dabei hilft das Konzept der SSI den Lernenden, aktiv an den Entscheidungspro-

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

zessen teilzunehmen (SADLER et al., 2007). Der Umgang mit Methoden und Erkenntnissen aus der Wissenschaft, die das Leben der Lernenden jetzt und zukünftig beeinflussen können, stellt einen weiteren Schwerpunkt des Konzeptes der SSI dar (ebd.).

Um eine Entscheidung bezüglich eines ethischen Dilemmas zu fällen, sind vier Merkmale im SSI-Ansatz wesentlich:

1. *Erkennen der immanenten Komplexität des ethischen Dilemmas:* Es ist wichtig, die Komplexität des ethischen Konfliktes zu akzeptieren und sie nicht durch didaktische Reduktionen zu vereinfachen. So wird den Lernenden deutlich, dass die komplexen Problemsituationen keine einfache und eindeutige Lösung haben, ähnlich wie es bei der keimbahnverändernden Genom-Editierung der Fall ist.
2. *Untersuchen der Probleme aus unterschiedlichen Perspektiven:* Wie schon in der Debatte um die keimbahnverändernde Genom-Editierung dargestellt wurde, haben bioethische Diskurse oft eine Vielzahl an Interessensgruppen. Diese wohlbegründeten Meinungen resultieren aus unterschiedlichen Prioritäten, Prinzipien und Neigungen und treten gleichberechtigt auf. Dabei ist nur natürlich, dass bestimmte Standpunkte als weniger nachvollziehbar empfunden werden. Dies zu verstehen, ist Ziel des SSI-Ansatzes.
3. *Erkennen der Problematik von laufender Forschung:* Nicht nur im Feld der Genom-Editierung gibt es immer wieder neue Erkenntnisse, die das wissenschaftliche Verständnis eines Phänomens erneuern. Neue fachwissenschaftliche Erkenntnisse können auch die Neubewertung des ethischen Dilemmas nötig machen. Gleichzeitig hat die soziale Komponente der Konfliktsituation eine Auswirkung auf soziale Normen oder das menschliche Verhalten. Beides gilt es im SSI-Ansatz zu berücksichtigen.
4. *Skepsis zeigen, wenn potenziell voreingenommene Informationen präsentiert werden:* Ein kritischer Umgang mit der Herkunft bestimmter Informationen, um voreingenommene Meinungen zu identifizieren, ist für die Beurteilung ebenfalls wichtig. So könnte die Betrachtung einseitiger Meinungen zu einer Verfälschung oder Beeinflussung des eigenen Urteils führen. Somit müssten auch in Bezug auf die Genom-Editierung unterschiedliche Meinungen betrachtet werden, um eine solche Beeinflussung auszuschließen.

Der SSI-Ansatz ermöglicht im Unterricht nicht nur eine Auseinandersetzung mit bioethischen Themen, sondern auch Bezüge zu umweltethischen Themen, da alle Thematiken mit naturwissenschaftlichen und sozialen Komponenten diesem Konzept zugeordnet werden. Durch eine Nutzung des SSI-Ansatzes im Biologieunterricht kann Lernen die Bedeutung naturwissenschaftlicher Aspekte im Alltag und auch die Relevanz des gesamten Fachbereiches verdeutlicht werden (ZEIDLER & SADLER, 2007).

In Deutschland ist die Bewertung bioethischer Konflikte in einem der vier Bildungsstandards, der Bewertungskompetenz, zu finden. Zwar lassen sich die im SSI-Ansatz stärker akzentuierten Fähigkeiten des Argumentierens und Kommunizierens in den Bildungsstandards in einem weiteren Kompetenzbereich, der Kommunikation, finden, jedoch scheint die Intention beider Konzepte im Einklang zu stehen. Aus diesem Grund werden nachstehend die Bildungsstandards im Allgemeinen und die Bewertungskompetenz im Besonderen näher vorgestellt.

2.3.2 Bildungsstandards im Fach Biologie

Die **Bildungsstandards** wurden 2004 in einem Erlass der KULTUSMINISTERKONFERENZ (KMK) beschlossen. Dies geschah als Antwort auf die Ergebnisse der internationalen Vergleichsstudien TIMSS, IGLU und PISA. Durch diese wurde deutlich, „dass die in Deutschland vorrangige Inputsteuerung allein nicht zu den erwünschten Ergebnissen im Bildungssystem führt“ (KMK, 2005, S. 9). Hierbei wurden besonders die skandinavischen und einige angloamerikanische Länder als Beispiele genannt, die bessere Ergebnisse in den obengenannten Vergleichsstudien erhielten. Aus diesem Grund bedurfte „die Entwicklung und Sicherung von Qualität, [durch] externe und interne Evaluation [...] klarer Maßstäbe“ (KMK, 2005, S. 9). Die bundesweit geltenden Bildungsstandards der KMK wurden für den mittleren Schulabschluss eingeführt. Die Bildungsstandards beschreiben Regelstandards, die von den Schülern im Durchschnitt erreicht werden sollen. Dieses Anvisieren eines durchschnittlichen, anwendungsbezogenen Niveaus erreicht den größten Teil der Schüler. Es wird dadurch einer Über- oder Unterforderung der meisten Schüler vorgebeugt (KMK, 2004).

Durch Bildungsstandards wird der Fokus vom Inhalt (content standards) auf die Leistung (output standards) gelegt. Sie beschreiben überprüfbare Kompetenzen, welche die Schüler zum Ende an bestimmten Zeitpunkten ihrer Schullaufbahn erreicht haben sollen. Dabei stützen sich die Bildungsstandards auf den Kompetenzbegriff nach WEINERT (2001, S. 27):

„Kompetenzen sind die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“

In diesem Zusammenhang wird die Ausprägung einer Kompetenz in sieben unterschiedliche Facetten unterteilt: Fähigkeit, Wissen, Verstehen, Können, Handeln, Erfahrung und Motivation (KLIEME et al., 2007). All diese Facetten sollen durch den Unterricht gefördert werden. Im naturwissenschaftlichen Unterricht und im Speziellen im Biologieunterricht wird dies durch die vier grundlegenden Kompetenzbereiche **Fachwissen**, **Erkenntnisgewinnung**, **Kommunikation** und **Bewertung** erreicht (vgl. Abb. 2.8). Durch die Einteilung

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

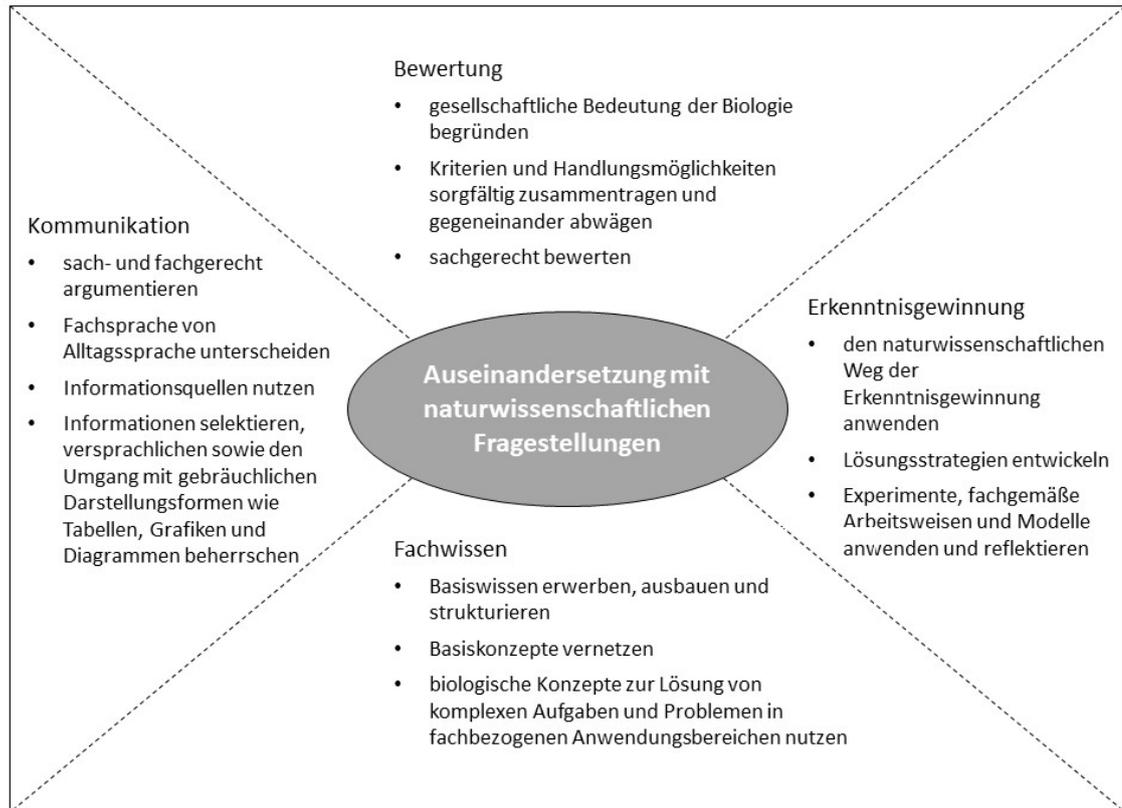


Abbildung 2.8: Die Kompetenzbereiche des Faches Biologie aus dem niedersächsischen Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe (Abbildung verändert nach: Niedersächsisches Kultusministerium, 2015, S. 7).

in die inhaltsbezogene Kompetenz des Fachwissens und die prozessbezogenen Kompetenzen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung wird eine Vernetzung des Wissens über die Biologie als Lebenswissenschaft geschaffen. Dabei ergibt sich eine Funktionalität des Wissens, der eine Alltags- und Anwendungsbezogenheit zu Grunde liegt (HARMS et al., 2004). Die deutschen Bildungsstandards nutzen somit internationale Vorgaben der Scientific Literacy, die nicht nur ein vernetztes Wissen über naturwissenschaftliche Konzepte, sondern auch erkenntnistheoretische Vorstellungen und Anwendungen des naturwissenschaftlichen Wissens fordern. So kann die biologische Grundbildung als Bestandteil der Allgemeinbildung aufgefasst werden, um gesellschaftlich relevante Themen wie die Genom-Editierung nachzuvollziehen und zu bewerten (ebd.). Da sich die vorgestellte Studie auf den Bereich der Bewertungskompetenz beschränkt, folgt eine ausführliche Darstellung dieses Bereichs.

2.3.3 Bewertungskompetenz im Fach Biologie

Wissenschaftliche Fortschritte wie die Genom-Editierung stellen die Gesellschaft immer wieder vor neue Herausforderungen, nicht nur aufgrund der komplexen Sachlage, die

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

sich hinter solchen neuen Technologien verbirgt, sondern vor allem durch sich daraus ergebene ethische Fragestellungen. Um von der reinen Vermittlung von Fakten wegzurücken, wurde dem modernen Biologieunterricht die Aufgabe zugesprochen, Jugendliche zur aktiven „Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklung und naturwissenschaftliche Forschung“ (KMK, 2004, S. 6) zu befähigen. Dadurch wurde die Allgemeinbildung im Sinne der Scientific Literacy um ein Grundwissen über den Umgang mit kontroversen Themen ergänzt. Auch wenn eine Betrachtung der ethischen Dimensionen im Biologieunterricht in bestimmten Themenbereichen schon immer unumgänglich war, so wurde eine verpflichtende Einführung erst durch die Bildungsstandards realisiert (STEFFEN, 2015; VISSER, 2014).

Kurz zusammengefasst wird unter der Bewertungskompetenz das Erkennen und Bewerten biologischer Sachverhalte in verschiedenen Kontexten verstanden (KMK, 2005). Genauer sollen Jugendliche laut KMK (2005, S. 12) eine „Wertschätzung für eine intakte Natur und eine eigene gesunde Lebensführung“ entwickeln. Dabei sollen sie „Verständnis für Entscheidungen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung“ zeigen und sich „neue Sachverhalte in Anwendungsgebieten der modernen Biologie“ erschließen, sodass sie sich „dann am gesellschaftlichen, z.T. kontrovers geführten Diskurs beteiligen“ (KMK, 2005, S. 12) können. In diesem Zusammenhang spielt neben der Bildung für Nachhaltige Entwicklung auch die ethische Urteilsbildung und damit „das verantwortungsbewusste Verhalten des Menschen gegenüber sich selbst und anderen Personen, sowie gegenüber der Umwelt“ (KMK, 2005, S. 12) eine Rolle. Die KMK (2005) fordert in dieser Hinsicht auch das systematische Bewerten von Handlungsmöglichkeiten unter Berücksichtigung individueller und gesellschaftlich verhandelbarer ethischer Werte, um durch andersartige Urteile den eigenen Toleranzrahmen zu erweitern und Perspektiven zu wechseln. Dieses multiperspektivische Denken wird beispielsweise durch Themenbereiche wie „die Forschung an Embryonen, die gentechnische Veränderung von Lebewesen, Massentierhaltung und Eingriffe in Ökosysteme“ (KMK, 2005, S. 12) erreicht und gleichzeitig wird das Empathievermögen erweitert. Die Grundlage der Bewertung bilden hierbei zwei ethische Denktraditionen. Die erste stellt die Würde des Menschen und ihre Unantastbarkeit in den Mittelpunkt, während sich die zweite „am Wohlergehen des Menschen bzw. am Schutz einer systemisch intakten Natur um ihrer Selbstwillen“ (KMK, 2005, S. 12) orientiert. Zusammengefasst stellt die KMK (2005, S. 15) folgende sieben Kompetenzen in den Mittelpunkt des Bereiches der Bewertung:

„Die Schülerinnen und Schüler ...

- B1 unterscheiden zwischen beschreibenden (naturwissenschaftlichen) und normativen (ethischen) Aussagen.
- B2 beurteilen verschiedene Maßnahmen und Verhaltensweisen zur Erhaltung der eigenen Gesundheit und zur sozialen Verantwortung.
- B3 beschreiben und beurteilen Erkenntnisse und Methoden in ausgewählten aktuellen Bezügen wie zu Medizin, Biotechnik und Gentechnik, und zwar unter Berücksichtigung gesellschaftlich verhandelbarer Werte.

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

- B4 beschreiben und beurteilen die Haltung von Heim- und Nutztieren.
- B5 beschreiben und beurteilen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in einem Ökosystem.
- B6 bewerten die Beeinflussung globaler Kreisläufe und Stoffströme unter dem Aspekt der nachhaltigen Entwicklung.
- B7 erörtern Handlungsoptionen einer umwelt- und naturverträglichen Teilhabe im Sinne der Nachhaltigkeit.“

Die aufgestellten Kompetenzen lassen sich unterschiedlichen Teilbereichen der Bioethik zuordnen (VISSER, 2014). Dabei ist B1 als Standard den anderen übergeordnet, da dieser auf alle Teilbereiche der Bioethik angewandt werden kann. Die Medizinethik wird jedoch explizit im Standard B3 benannt. In diesen Punkt lässt sich auch die Genom-Editierung mit CRISPR/Cas9 eingliedern. Allerdings beschränkt sich ihre Anwendung nicht nur auf den medizinischen Bereich, sondern auch auf grüne, weiße und blaue Gentechnik. B2, B4, B5, B6 und B7 lassen sich der Umweltethik zuordnen. Dieser wird durch die Bildungsstandards ein hoher Stellenwert zugeschrieben, da besonders hier die Jugendlichen zu einer „aktiven, kritischen und wirksamen Mitwirkung an den Gestaltungsprozessen für Nachhaltige Entwicklung befähigt und angeregt“ (HÖSSLE & LUDE, 2004, S. 40) werden können. Auch im Alltag der Jugendlichen gewinnen Nachhaltigkeit und Klimaschutz durch aktuelle Bewegungen wie „Fridays for Future“ an Relevanz (BÖCK, 2019). Somit kann die ethische Urteilsbildung als zentraler Kern der Bewertungskompetenz benannt werden (DITTMER & GEBHARD, 2012; VISSER, 2014).

Alle genannten Kompetenzen können in drei Anforderungsniveaus eingeteilt werden, wobei das erste Niveau das grundlegende darstellt. Im ersten Anforderungsniveau geht es um die Reproduktion von Fachwissen, Methoden und Fertigkeiten. Dieses Wissen in neuen Kontexten zu nutzen, stellt den zweiten Anforderungsbereich dar. Im höchsten Anforderungsbereich III stehen „die eigenständige Erarbeitung und Reflexion unbekannter Sachverhalte und Probleme auf der Grundlage des Vorwissens“ (KMK, 2005, S. 16) im Vordergrund.

Durch die Einführung der Bildungsstandards ergeben sich im modernen Biologieunterricht neue Möglichkeiten, die abseits der reinen Wissensvermittlung auch die Mündigkeit der Jugendlichen durch Bezüge zu bioethischen Konfliktfeldern erhöht (ZEIDLER & SADLER, 2007). Um die Bewertungskompetenz von Schülern im Unterricht und zu Forschungszwecken gezielt fördern und erheben zu können, sind unterschiedliche Modelle zur Bewertungskompetenz erstellt worden (EGGERT & BÖGEHOLZ, 2006; HOSTENBACH et al., 2011; REITSCHERT et al., 2007). Diese werden nachfolgend vorgestellt.

2.3.3.1 Modelle der Bewertungskompetenz

Den Vorgaben der Bildungsstandards fehlt eine Klärung in Bezug auf den Inhalt und die Entwicklung (REITSCHERT et al., 2007). Aus diesem Grund wurde durch unterschiedliche Kompetenzstrukturmodelle die Bewertungskompetenz in Teilkompetenzen und Niveaustufen untergliedert. Solche Modelle können dazu beitragen „die Komplexität von Kompetenzen verstehen sowie systematisch lehren zu können“ (REITSCHERT et al., 2007, S. 43). Dabei haben sich drei grundlegende Modelle entwickelt, die unterschiedliche Gewichtungen der Bewertungskompetenz beinhalten (HOSTENBACH et al., 2011). Im **Oldenburger Modell der ethischen Urteilskompetenz** wird diese Kompetenz als Fähigkeit bezeichnet, die „ethische Relevanz naturwissenschaftlicher Themen wahrzunehmen, damit verbundene Werte zu erkennen und abzuwägen sowie ein reflektiertes und begründetes Urteil zu fällen“ (MITTELSTEN SCHEID & HÖSSLE, 2007, S. 88). BÖGEHOLZ (2014, S. 209) bezieht sich im **Göttinger Modell** auf den Kontext der Nachhaltigen Entwicklung und bezeichnet die Bewertungskompetenz als „Fähigkeit, sich in komplexen Problemsituationen begründet und systematisch bei unterschiedlichen Handlungsoptionen zu entscheiden, um kompetent am gesellschaftlichen Diskurs“ teilhaben zu können. Aber auch hier ist die Berücksichtigung relevanter Werte und Normen von Bedeutung (BÖGEHOLZ, 2014). Im Kompetenzmodell aus dem Projekt ‚Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften für die Sekundarstufe I‘ (kurz: **ESNaS**) „werden wichtige Aspekte des Modells von BÖGEHOLZ (2004) und des Modells von REITSCHERT et al. (2007) als Teilaspekte in dieses naturwissenschaftsspezifische Modell integriert“ (HOSTENBACH et al., 2011, S. 275). Dabei gilt dieses Modell fächerübergreifend und ist somit unabhängig von fachlichen Schwerpunkten (ebd.). Im Folgenden werden die Modelle näher erläutert und anschließend hinsichtlich ihrer Eignung zum Einsatz in der vorzustellenden Studie miteinander verglichen.

Oldenburger Modell der ethischen Urteilskompetenz

Das Oldenburger Modell bezieht sich hauptsächlich auf die ethische Urteilskompetenz (REITSCHERT et al., 2007). Basierend auf biologiedidaktischen Modellen und Methoden zur Förderung der Bewertungskompetenz (DIETRICH, 2004; HÖSSLE, 2001; MARTENS, 2003) wurde dieses Modell theoriegeleitet entwickelt (MITTELSTEN SCHEID & HÖSSLE, 2007; REITSCHERT et al., 2007). Neben der Überprüfung der Teildimensionen philosophischer Grundfertigkeiten wurde auch ein Abgleich mit den Kompetenzen aus der Ethikdidaktik durchgeführt (REITSCHERT, 2009). Zusätzlich fand eine kritische Betrachtung der Stufen der moralischen Entwicklung nach KOHLBERG (1974, 1976) statt. Auch die Theorien von SELMAN (1984) und LIND (2006) finden unter anderen in diesem Modell Berücksichtigung.

Um eine argumentativ fundierte Urteilsbildung nach den Forderungen der KMK (2005) zu ermöglichen, wurden in dem Modell acht Teilkompetenzen (vgl. Abb. 2.9) postuliert (REITSCHERT, 2009; REITSCHERT & HÖSSLE, 2006; REITSCHERT et al., 2007). Diese

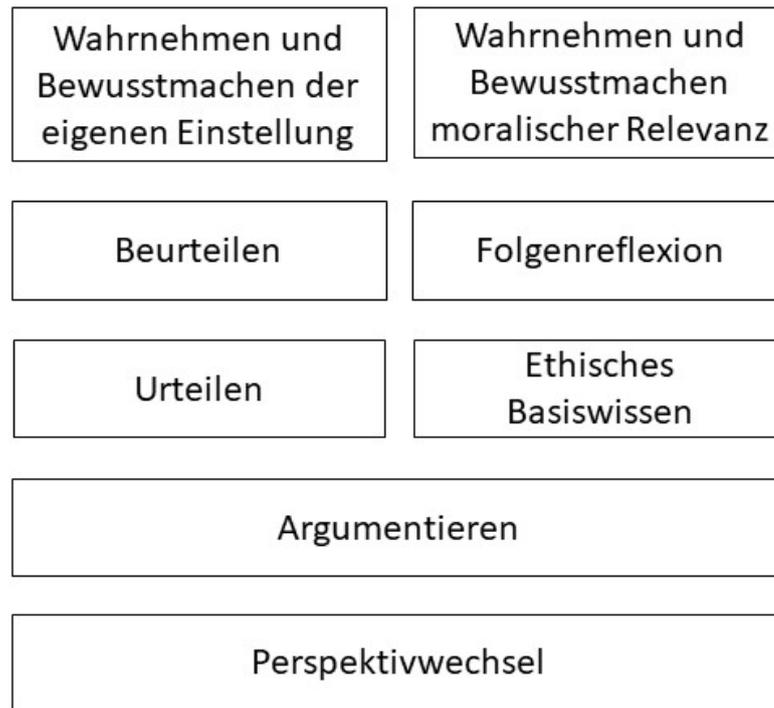


Abbildung 2.9: Teilkompetenzen der Bewertungskompetenz (verändert nach REITSCHERT ET AL., 2007).

Teilkompetenzen wurden in anschließenden Studien immer wieder empirisch überprüft und weiterentwickelt (ALFS et al., 2011; HEINISCH et al., 2018; MITTELSTEN SCHEID, 2008; REITSCHERT, 2009; VISSER, 2014). Dabei haben sich drei grundlegende Niveaustufen (vgl. Tab. 2.5 -2.12) für jede der acht Teilkompetenzen induktiv belegen lassen (MITTELSTEN SCHEID, 2008). Im Folgenden werden die einzelnen Teilkompetenzen mit ihren Niveaustufen näher vorgestellt.

Tabelle 2.5: Niveaustufenkonkretisierung der Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der eigenen Einstellung* nach REITSCHERT ET AL. (2007).

Niveau	Niveaunkonkretisierung
I	Kennen der eigenen Einstellung
II	einfache Begründung der eigenen Einstellung
III	Umfassende Begründung der eigenen Einstellung unter Berücksichtigung der möglichen kulturellen und religiösen Einflüsse

1. *Wahrnehmen und Bewusstmachen der eigenen Einstellung*: Die eigene Einstellung spielt bei der Bewertung eines moralischen Problems eine große Rolle. Dabei ist vor allem

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

„die Kenntnis der eigenen Einstellung und das Wissen, wo diese Einstellung ihre Wurzeln hat“ (REITSCHERT et al., 2007, S. 44) von Bedeutung. Um ein „Bewusstsein für die Wirkung verschiedener Einflüsse auf das Individuum“ (REITSCHERT et al., 2007, S. 44) zu schaffen, werden eine kritische Distanz und Reflexionsvermögen benötigt.

2. *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz*: Um ein moralisches Problem beurteilen zu können, muss zunächst seine Relevanz und der Konflikt selber erkannt werden. Hier spielen kulturelle und religiöse Ansichten eine Rolle, ob ein Problem als relevant eingeschätzt wird. Dabei werden häufig intuitive Problemwahrnehmungen geäußert, die durch die Verwendung relevanter Werte begründet und kritisch reflektiert werden sollten (REITSCHERT et al., 2007).

Tabelle 2.6: Niveaustufenkonkretisierung der Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz* nach MITTELSTEN SCHEID (2008).

Niveau	Niveaunkonkretisierung
I	Deskriptive Beschreibung des Problems
II	Begründung und Beschreibung des Problems auf rationaler oder emotionaler Ebene
III	Umfassende Begründung der moralischen Relevanz unter Berücksichtigung von ethischen Werten oder Wertekonflikten

3. *Beurteilen*: Fachwissen zur Bewertung bioethischer Konflikte ist zur Beschreibung deskriptiver Elemente, wie der Benennung von Handlungsoptionen oder der Beschreibung der rechtlichen Lage, nötig. Auch die Abwägung von Gründen für oder gegen eine Handlung lässt sich der Teilkompetenz des Beurteilens zuordnen. Dabei kommt es nach REITSCHERT et al. (2007, S. 44) zu einer „Weiterführung des Bewusstmachens moralischer Relevanz“, die einen „Rückbezug auf relevante, angesprochene Werte und Normen“ beinhaltet.

Tabelle 2.7: Niveaustufenkonkretisierung der Teilkompetenz *Beurteilen* nach MITTELSTEN SCHEID (2008).

Niveau	Niveaunkonkretisierung
I	(implizites) Nennen oder Umschreiben eines ethischen Werts
II	(implizite) einfache Begründung eines oder mehrerer Werte
III	explizite Begründung eines oder mehrerer Werte mit Darstellung eines Wertekonfliktes

4. *Folgenreflexion*: Ebenfalls eng mit dem Fachwissen verbunden ist die Folgenreflexion. Dabei ist es wichtig, diese Folgen unterschiedlichen Kategorien zuzuordnen. Die klar abschätzbaren und unmittelbaren Folgen lassen sich dabei aus den fachlichen Grundlagen ableiten. Dennoch müssen auch Folgen betrachtet werden, die

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

längerfristig auftreten könnten. In diesem Fall könne auch die Einnahme der gesellschaftlichen Perspektive gefördert werden (REITSCHERT et al., 2007).

Tabelle 2.8: Niveaustufenkonkretisierung der Teilkompetenz *Folgenreflexion* nach MITTELSTEN SCHEID (2008).

Niveau	Niveaunkonkretisierung
I	Erkennen egozentrischer Primärfolgen
II	Begründung soziozentrischer Folgen
III	Umfassende Begründung gesellschaftlicher oder entpersonalisierter Folgen

5. *Urteilen*: Am Ende einer ethischen Diskussion ist es notwendig, „ein persönliches *gut begründetes Urteil* zu fällen“ (REITSCHERT et al., 2007, S. 44). Dabei ist es wichtig, zu beachten, dass ein Urteil dynamisch ist. Es kann also jederzeit revidiert werden, wenn die erneute Analyse des moralischen Problems ein anderes Urteil ergibt. Das Urteil ist somit als Schlussfolgerung „auf den vorangegangenen Prozess des Reflektierens und Abwägens“ (MITTELSTEN SCHEID, 2008, S. 42) aller Teilkompetenzen zu sehen.

Tabelle 2.9: Niveaustufenkonkretisierung der Teilkompetenz *Urteilen* nach MITTELSTEN SCHEID (2008).

Niveau	Niveaunkonkretisierung
I	Nennen des eigenen Urteils
II	einfache Begründung des eigenen Urteils mit implizitem Wertebezug
III	Umfassende Begründung des eigenen Urteils unter Berücksichtigung von Pro- und Contra-Argumenten und einem expliziten Wertebezug

6. *Ethisches Basiswissen*: Um ein bioethisches Problem reflektieren zu können, ist es notwendig die zentralen Begriffe wie Moral, Ethik, Wert und Norm definieren, erläutern und korrekt anwenden zu können. Dabei ist auch die Kenntnis über den Unterschied zwischen deskriptiven und normativen Aspekten von Bedeutung.
7. *Perspektivenwechsel*: Als einer der zwei Grundfertigkeiten kommt dem Perspektivenwechsel eine besondere Bedeutung zu. Ohne die Einnahme von verschiedenen Sichtweisen unterschiedlicher Betroffenenkreise kann ein moralisches Problem und auch Folgen von möglichen Handlungsoptionen nicht vollständig erfasst und ein Urteil nicht umfassend gebildet werden. Auch das Fachwissen, das aus der Teilkompetenz des Beurteilens entstammt, ist untrennbar mit dem Perspektivenwechsel verwoben. Bei dieser Teilkompetenz kommt auch die Forderung der KMK

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

Tabelle 2.10: Niveaustufenkonkretisierung der Teilkompetenz *Ethisches Basiswissen* nach REITSCHERT et al. (2007).

Niveau	Niveaunkonkretisierung
I	Kennen des Ethischen Basiswissen
II	einfache Begründung durch Verwendung des Ethischen Basiswissens
III	Umfassende Begründung und Erläuterung der Verwendung des Ethischen Basiswissens

(2005) für die Erweiterung des eigenen Toleranzrahmens zum Tragen. Auch das Nachvollziehen von Argumenten unterschiedlicher Parteien und auch das empathische Einfühlen in beteiligte Personen sind Inhalte dieser Teilkompetenz. Dabei „mündet die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel in der Übernahmen einer allgemeinen gesellschaftlichen Perspektive“ (REITSCHERT et al., 2007, S. 45).

Tabelle 2.11: Niveaustufenkonkretisierung der Teilkompetenz *Perspektivenwechsel* nach MITTELSTEN SCHEID (2008).

Niveau	Niveaunkonkretisierung
I	Übernahme egozentrischer Perspektiven
II	Übernahme soziozentrischer Perspektiven
III	Umfassende Übernahme von gesellschaftlichen oder entpersonalisierten Perspektiven

8. *Argumentieren*: Eine weitere Schlüsselkompetenz für die Bewertungskompetenz ist das Argumentieren. Auch wenn dieser Bereich in den Bildungsstandards dem Kompetenzbereich der Kommunikation zugeordnet wird, so ist die klare Begründung einer Meinung ohne fundierte Argumente nicht möglich. Dabei ist es wichtig, dass Argumente nicht nur deskriptiv sind, sondern auch eine normative Aussage besitzen. Im Sinne des praktischen Syllogismus würde dann aus (mindestens) einer deskriptiven und einer normativen Aussage eine Konklusion gebildet werden, die das schlüssige Argument ermöglicht (REITSCHERT et al., 2007).

Tabelle 2.12: Niveaustufenkonkretisierung der Teilkompetenz *Argumentieren* nach MITTELSTEN SCHEID (2008).

Niveau	Niveaunkonkretisierung
I	rein deskriptive Beschreibung
II	Begründung der eigenen Position durch ein Argument mit lückenhaftem Wertebezug
III	Umfassende Begründung der eigenen Position durch expliziten Wertebezug und einem Ansatz der syllogistischen Argumentationsweise

Göttinger Modell

Das für den Kontext der Nachhaltigen Entwicklung gebildete Göttinger Modell baut auf dem Konstruktionsprinzip für theoretisch und empirisch begründete Modelle auf (BÖGEHOLZ, 2014). Dabei wurden vier Modelle als Grundlage verwendet: das Metamodell der Entscheidungsfindung (BETSCH & HABERSTROH, 2005), das Modell für den Bereich Decision Making in Socio-Scientific Issues (WILSON & SLOANE, 2000), das Modell zur Scientific Literacy (BYBEE, 2002) und das Modell zur Erkenntnisgewinnung durch Experimentieren (HAMMANN, 2004). Aus diesen Modellen wurden zusammen mit der Definition der Bewertungskompetenz als „Fähigkeit, sich in komplexen Problemsituationen begründet und systematisch bei unterschiedlichen Handlungsoptionen zu entscheiden“ (BÖGEHOLZ, 2014, S. 209) vier zentrale „Teilkompetenzen (Dimensionen) mit konzeptuellen und prozeduralen Aspekten“ (BÖGEHOLZ, 2014, S. 213) gebildet:

1. *Kennen und Verstehen von Nachhaltiger Entwicklung*: Bei dieser Teilkompetenz werden zentrale Aspekte Nachhaltiger Entwicklung beschrieben. Dabei geht dies über das Verständnis des Konzepts der Nachhaltigen Entwicklung hinaus, da hier auch die Vernetzung von Ökologie, Ökonomie, Sozialem und der Generationengerechtigkeit sowie weiteren Zielkonflikten verankert ist (EGGERT & BÖGEHOLZ, 2006). Grundlegend für diese Teilkompetenz ist die Teilkompetenz *Understanding Concepts* aus dem von WILSON & SLOANE (2000) entwickelten Modell zu Decision Making in Socio-Scientific Issues.
2. *Kennen und Verstehen von Werten und Normen*: Auch im Göttinger Modell ist es wichtig, die zentralen ethischen Grundbegriffe wie Normen und Werte definieren zu können. Dabei sollen Lernende auch zwischen ethischen Aussagen und formellen Aussagen unterscheiden können (BÖGEHOLZ, 2014).
3. *Generieren und Reflektieren von Sachinformationen*: Neben dem Erkennen von Handlungsoptionen werden durch diese Teilkompetenz auch das Planen, Durchführen und Auswerten von Datenerhebungen gefordert. Anschließend erfolgt ein systematischer Vergleich zwischen den Handlungsoptionen und einem Abgleich der resultierenden Konsequenzen. Dabei ist es wichtig, dass die Jugendlichen die dynamische Veränderung von Wissen über Nachhaltige Entwicklung auch seitens der Fachwissenschaft verstehen (EGGERT & BÖGEHOLZ, 2006). Diese Teilkompetenz bezieht sich auf die präselektionale Phase des Prozessmodells der Entscheidungsfindung von BETSCH & HABERSTROH (2005), indem das Aufstellen möglicher Handlungsoptionen und die Informationsverarbeitung integriert werden.
4. *Bewerten, Entscheiden und Reflektieren*: Die Entscheidung, die am Ende eines Bewertungsprozesses steht, sollte über eine intuitive Entscheidung hinausgehen. Dabei werden bestimmte Entscheidungskriterien oder das Vergleichen unterschiedlicher Handlungsoptionen genutzt. Ähnlich wie im Oldenburger Modell wird das Urteil

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

kritisch reflektiert (EGGERT & BÖGEHOLZ, 2006). Auch diese Teilkompetenz ist aus dem Modell von BETSCH & HABERSTROH (2005) entnommen worden. So fordert im Prozessmodell der Entscheidungsfindung die selektionale Phase eine gezielte Bewertung und Entscheidung einer Situation.

Zu jeder dieser Teilkompetenzen wurden vier Kompetenzniveaus aus der Theorie angelehnt an das Modell zur Erkenntnisgewinnung durch Experimentieren von HAMMANN (2004) abgeleitet. Diese Niveaustufen beinhalten nach BÖGEHOLZ (2014, S. 216) intuitive Bewertungen und Entscheidungen „ohne Anwendung einer Entscheidungsstrategie“ in der ersten Stufe, bis hin zur Bewertung und Entscheidung durch Vergleichen unterschiedlicher Optionen unter Reflexion der zentralen normativen Kriterien auf der vierten Niveaustufe.

Auch dieses zunächst aus der Theorie abgeleitete Modell wurde im Anschluss kontextualisiert, um die Teilkompetenzen „durch Erfahrungen [...] z.B. mit spezifischen Trainings zur Bewältigung der Situationsanforderungen Nachhaltiger Entwicklung“ (BÖGEHOLZ, 2014, S. 217) zu fördern. Empirisch wurde das Modell ebenfalls von EGGERT (2008) und EGGERT & BÖGEHOLZ (2010) untersucht. Dafür wurde ein Testinstrument entwickelt, das die Entscheidungsstrategien im Kontext der Nachhaltigen Entwicklung untersucht. Dabei stellte sich mittels der Item-Response-Theorie eine Eignung für Large-Scale-Assessments heraus. Somit eignet sich das Testinstrument und das Modell für quantitative, aber auch qualitative Studiendesigns (EGGERT, 2008, 2017; EGGERT & BÖGEHOLZ, 2010).

ESNaS-Kompetenzmodell

Als Ergebnis des Projektes *Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften für Sekundarstufe I* wurden vier Modelle für die einzelnen Kompetenzbereiche der Bildungsstandards erstellt (HOSTENBACH, 2011; HOSTENBACH et al., 2011; WALPUSKI et al., 2010). Dabei beziehen sich alle Modelle generell auf die Naturwissenschaften Physik, Chemie und Biologie. Aus diesem Grund muss „das Modell unabhängig von fachlichen Themen sein“ (HOSTENBACH et al., 2011, S. 275). Das ESNaS-Kompetenzmodell der Bewertungskompetenz vereint Teilaspekte des Oldenburger und Göttinger Modells. Die Teilkompetenz *Generieren und Reflektieren von Sachinformationen* des Göttinger Modells und die Teilkompetenz *Argumentieren* des Oldenburger Modells werden nicht berücksichtigt, da diese schon in den Kompetenzmodellen der Erkenntnisgewinnung und Kommunikation enthalten sind (HOSTENBACH, 2011). Des Weiteren wurden passende fächerübergreifende Aufgaben entwickelt, die rein quantitativ auszuwerten sind, um ein Large-Scale-Assessment zu ermöglichen.

Zusammenfassend wurden drei *Kompetenzteilbereiche* spezifisch für die Bewertungskompetenz abgeleitet, die nicht trennscharf voneinander abzugrenzen sind (HOSTENBACH, 2011; HOSTENBACH et al., 2011):

1. *Bewertungskriterien*: Dieser Teilbereich beinhaltet das Erschließen von relevanten

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

Fakten sowie den Bewertungskriterien (HOSTENBACH et al., 2011). Daraus resultiert ein Fachbezug, der eine Fach- und Sachkenntnis voraussetzt.

2. *Handlungsoptionen*: Handlungsmöglichkeiten, die sich aus definierten Situationen ergeben, stehen im zweiten Teilbereich im Mittelpunkt. Hierbei werden diese Möglichkeiten selbstständig erkannt und so eine Perspektivenübernahme und eine Folgenabschätzung erleichtert. Somit sind für das „Bewerten von Handlungsoptionen Perspektivübernahme, Folgenreflexion, Sachlage und Wertbezug“ (HOSTENBACH et al., 2011, S. 277) von Bedeutung.
3. *Reflexion*: In diesem Bereich gilt es, bereits vorformulierte Bewertungen in definierten Situationen kritisch zu reflektieren. Dabei kann „die Frage bearbeitet werden, ob die den Bewertenden wichtigen Bewertungskriterien ausreichend berücksichtigt wurden“ (HOSTENBACH et al., 2011, S. 277).

Neben diesen bewertungsspezifischen Kompetenzteilbereichen liegen dem ESNaS-Modell noch zwei weitere Dimensionen zu Grunde, die für alle in diesem Projekt entwickelten Strukturmodelle gelten (HOSTENBACH, 2011). Daraus resultiert eine Dreidimensionalität des Modells. Die *Komplexität* bildet dabei eine Dimension, die eine Einstufung von Aussagen in Niveaus ermöglicht. Diese Niveaustufen sind dem Göttinger Modell nachempfunden, auch wenn insgesamt fünf solcher Stufen definiert wurden. Dabei stellt die fünfte Stufe die höchste Komplexität dar (ebd.). Die letzte Dimension beschreibt *Kognitive Prozesse*, die im Falle des Bewertungskompetenzmodells aus den Niveaustufen nach REITSCHERT et al. (2007) abgeleitet sind. Dabei geben sie „die Denkvorgänge an, die bei der Bearbeitung durch die Aufgaben angeregt werden sollen“ (HOSTENBACH, 2011, S. 44). Aus der gezielten „Veränderung und Kombination der Dimensionen“ lassen sich laut HOSTENBACH (2011, S. 45) Aufgaben generieren, die eine festgelegte Schwierigkeitsstufe haben. Die so „nach Möglichkeit die gesamte Schwierigkeitsskala“ (HOSTENBACH et al., 2011, S. 283) abbildenden Aufgaben können dann für ein Large-Scale-Assessment eingesetzt werden, um die Bewertungskompetenz möglichst vieler Probanden einfach und regelgeleitet erheben zu können.

Auch dieses Modell ist empirisch überprüft worden und bietet den Vorteil der genauen Vorhersage von Aufgabenschwierigkeiten, um ein möglichst heterogenes Bild an Fähigkeiten zu erheben (HOSTENBACH et al., 2011; SCHWANNEWEDEL & MAYER, 2012).

Vergleichende Betrachtung

Nachdem die bestehenden Modelle zur Bewertungskompetenz im deutschsprachigen Raum näher erläutert wurden, müssen diese noch untereinander verglichen werden. Zunächst ist auffällig, dass alle Modelle sich auf unterschiedliche Kontexte beziehen (STEFFEN, 2015). Das Oldenburger Modell zur ethischen Urteilsbildung findet besonders Anwendung in bio- und medizinethischen Kontexten wie beispielsweise der Genom-Editierung, da es aus unterschiedlichen Modellen aus der Psychologie und Ethik ab-

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

geleitet wurde (REITSCHERT, 2009). Kontexte im Sinne der Nachhaltigen Entwicklung lassen sich idealerweise durch das Göttinger Modell fokussieren. Dabei ist dieses Modell aus unterschiedlichen Theorien zur Entscheidungsfindung und naturwissenschaftlichen Grundbildung entstanden (EGGERT & BÖGEHOLZ, 2006). Trotzdem wurden sowohl das Oldenburger als auch das Göttinger Modell schon für unterschiedliche Kontexte angewendet. So lässt sich das Oldenburger Modell auch auf umweltethische Kontexte anwenden, wie es durch die Entwicklung von Unterrichtsmaterialien geschehen ist (HÖSSLE, 2014; HÖSSLE & HEUSINGER VON WALDEGGE, 2010; MEIER & NITSCH, 2012). Im Göttinger Modell ist im Gegenzug die Teilkompetenz *Kennen und Verstehen von Nachhaltiger Entwicklung* „für andere Kontexte, wie z.B. der Medizin oder Bioethik, durch das in dieser Domäne relevante Wissen auszutauschen“ (EGGERT & BÖGEHOLZ, 2006, S. 189). Dennoch ist die Anwendbarkeit des Göttinger Modells durch die spezifische Ausformulierung des Kontextes Nachhaltiger Entwicklung als weniger offen zu verstehen als das Oldenburger Modell ohne eine übergeordnete Thematik (VISSER, 2014). Die beiden etablierten Modelle aus der Biologiedidaktik wurden letztlich im ESNaS-Modell zusammengefasst und auf fächer- und themenübergreifende Situationen ausgelegt. Dabei wird eine Vergleichbarkeit des Modells zu den anderen Kompetenzbereichen in den Bildungsstandards angestrebt (HOSTENBACH, 2011). Aufgrund des Einsatzes für Large-Scale-Assessments und der fächerübergreifenden Anwendung erscheint das Modell weniger geeignet für eine Erhebung der ethischen Bewertungskompetenz. Auch wenn durch die Dreidimensionalität versucht wird, eine möglichst umfassende Darstellung der Bewertungskompetenz zu generieren, ist die Bedeutung ethischer Dimensionen in diesem Modell eher untergeordnet (STEFFEN, 2015; VISSER, 2014). Aus den aufgeführten Gründen wird das ESNaS-Modell im folgenden Vergleich nicht weiter berücksichtigt, da in dieser Studie ein Fokus auf die ethische Bewertungskompetenz gelegt wird.

Nicht nur die kontextuellen Unterschiede fallen bei einem Vergleich des Oldenburger und des Göttinger Modells auf. Augenscheinlich ist auch die Differenzierung der Teilkompetenzen in unterschiedlicher Gewichtung geschehen. So lassen sich die einzelnen Teilkompetenzen der Modelle zwar miteinander vergleichen, weisen trotzdem unterschiedliche Schwerpunkte auf. Beide Modelle beschreiben die Notwendigkeit, „ein fundiertes biologisches bzw. ökologisches Faktenwissen [...zu besitzen], um den Bewertungsgegenstand realitätsgetreu abbilden zu können“ (EGGERT & HÖSSLE, 2006, S. 8). Dennoch zeichnet sich die Teilkompetenz *Beurteilen* des Oldenburger Modells durch „einen stärkeren Bezug zu ethischen Werten“ (STEFFEN, 2015, S. 64) aus, wohingegen die Teilkompetenz *Generieren und Reflektieren von Sachinformationen* eine Sachanalyse fordert, die „weit in die Kompetenzbereiche Fachwissen und Erkenntnisgewinnung hineinreicht“ (VISSER, 2014, S. 25).

Auch wenn die acht Teilkompetenzen des Oldenburger Modells den Eindruck erwecken, dass dieses Modell gegenüber dem Göttinger Modell mit seinen vier Teilkompetenzen eine höhere Komplexität aufzeigt, kann dies durch die Betrachtung der Teilkompetenz *Bewerten, Entscheiden und Reflektieren* des Göttinger Modells revidiert werden. Zur Erinnerung: Bei dieser Teilkompetenz werden Entscheidungen auf ihre Kriterien und den

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

Vergleich von Handlungsoptionen untersucht und unter Berücksichtigung von Perspektiven und Folgen reflektiert (EGGERT & BÖGEHOLZ, 2006). Die drei Verben dieser Teilkompetenz lassen sich in fünf Teilkompetenzen des Oldenburger Modells wiederfinden: Bewerten kann mit den Teilkompetenzen *Beurteilen* und *Wahrnehmen und Bewusstmachen der eigenen Einstellung* verglichen werden. Die Teilkompetenz *Urteilen* des Oldenburger Modells kann mit der Entscheidung gleichgesetzt werden. Die Reflexion beinhaltet die Teilkompetenzen *Folgereflexion* und *Perspektivenwechsel* (VISSER, 2014). Somit ist das Göttinger Modell wesentlich komplexer in seinen Zusammenhängen. Eine Differenzierung geschieht in diesem Modell erst auf Ebene der Kompetenzniveaus, während im Oldenburger Modell diese schon bei den Teilkompetenzen eingegliedert ist. Dies lässt sich durch den Schwerpunkt der Modelle erklären. Da im Göttinger Modell eher die Reflexion des Entscheidungsprozesses im Vordergrund steht, besitzt dieses Modell eine Prozessbetonung, wohingegen im Oldenburger Modell die Entscheidungsbegründung stärker gewichtet wird (VISSER, 2014).

Zusammenfassend können die Stärken der Modelle folgendermaßen eingeordnet werden:

- Im Göttinger Modell wird aufgrund „der Herstellung eines funktionalen Zusammenhangs der Teilkompetenzen“ eine „Orientierung am Entscheidungsprozess“ (VISSER, 2014, S. 27) hergestellt.
- Im Oldenburger Modell findet „eine differenzierte Beschreibung von Teilkompetenzen und eine stärkere Ausschärfung für die ethische Bewertung durch die Betonung der Werteanalyse“ (ebd., S. 27) statt.

Beide biologiedidaktischen Modelle eignen sich für die Erhebung der Bewertungskompetenz, auch wenn für die Erhebung der ethischen Bewertungskompetenz im Kontext der Anwendung einer keimbahnverändernden Genom-Editierung im qualitativen Design das Oldenburger Modell geeigneter erscheint. Dies ist nicht nur mit der stärkeren Ausdifferenzierung der Teilkompetenzen, sondern auch mit dem Fokus auf die Entscheidungsbegründung und die Werteanalyse zu begründen. Aus diesem Grund wird im Folgenden ein Phasenmodell für die gezielte Förderung der Bewertungskompetenz nach dem Oldenburger Modell vorgestellt.

2.3.3.2 Sechs Schritte der moralischen Urteilsbildung im Biologieunterricht

Die von HÖSSLE (2001) aufgestellten sechs Schritte der moralischen Urteilsbildung – folgend die Sechs-Schritt-Methode genannt – lassen sich in die übergeordnete Kategorie der Dilemma-Methoden einordnen. Dabei wird der moralischen Urteilsfähigkeit unter anderem das Konzept der moralischen Entwicklung von KOHLBERG (1976) zu Grunde gelegt,

in welchem die „moralische Urteilskompetenz sich ganz spezifisch entwickelt und [...] diese Entwicklung sich positiv beeinflussen“ (BÖGEHOLZ et al., 2004, S. 96) lässt. Ziel der Dilemma-Methoden ist es, die moralische Urteilsfähigkeit zu fördern und gleichzeitig ein reflektiertes Urteil herbeizuführen. Dafür wurden von HÖSSLE (2001) theoriegeleitet sechs Kategorien eines moralischen Urteils aufgestellt und empirisch überprüft. In folgenden Untersuchungen wurde die Eignung des Modells zur Förderung von Bewertungsprozessen im Sinne des Oldenburger Modells immer wieder bestätigt (ALFS et al., 2011; HEINISCH et al., 2018). Zur Einleitung der Sechs-Schritt-Methode eignet sich auf Grundlage der Dilemma-Methoden eine ethische Entscheidungssituation bzw. ein ethisches Dilemma. Anschließend werden folgende sechs Schritte durchlaufen:

1. *Definieren des geschilderten Dilemmas:* Im ersten Schritt erfolgt eine Definition des Dilemmas, indem sowohl der deskriptive als auch der moralische Gehalt des Dilemmas dargestellt werden. Voraussetzung für die korrekte Erfassung des Dilemmas ist eine fachliche Klärung der Inhalte, die im Idealfall vor dem Sechs-Schritt geschieht. Denn nur durch die korrekte Definition des Dilemmas „ist die erste Voraussetzung für das Fällen eines reflektierten moralischen Urteils gegeben“ (HÖSSLE, 2001, S. 82).
2. *Aufzählen möglicher Handlungsoptionen:* Durch die Aufzählung von Handlungsoptionen wird im zweiten Schritt die Problemlösung eingeleitet. Im Falle der keimbahnverändernden Genom-Editierung wurden drei zentrale Handlungsoptionen aufgestellt (vgl. Kapitel 2.2.2). Durch die Bewusstmachung der Handlungsoptionen ist eine rationale Begründung des eigenen Urteils möglich (HÖSSLE, 2001).
3. *Aufzählen ethischer Werte, welche die Handlungsoptionen implizieren:* Um den schon im ersten Schritt beschriebenen moralischen Gehalt zu präzisieren, werden „Wertorientierungen und Werturteile, die mit dem jeweils vorgeschlagenen Handeln verbunden sind“ (DULITZ & KATTMANN, 1990, S. 21), erkannt und benannt. Die Vielzahl an zugeordneten ethischen Werten ist entscheidend für die moralische Urteilsfähigkeit (HÖSSLE, 2001).
4. *Unterscheiden zwischen deontologischer und konsequenzialistischer Argumentationsweise:* In diesem Schritt gilt es, die verschiedenen Argumente, die sich für oder gegen eine Position formulieren lassen, in die ethischen Denktraditionen Deontologie (Ziele des Handelns im Vordergrund) und Konsequenzialismus (Konsequenzen des Handelns im Vordergrund) einzuordnen. Je häufiger eigene oder fremde Argumente in dieser Traditionen eingeordnet werden können, „desto differenzierter fällt das Urteil hinsichtlich dieser Kategorie aus“ (HÖSSLE, 2001, S. 86). Da dieser Schritt ein hohes Anforderungsniveau besitzt, „sind lediglich die Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II aufgefordert, Argumente hinsichtlich ihrer ethischen Denktradition“ (HÖSSLE & ALFS, 2014, S. 10) zu untersuchen. Niedrigeren Klassenstufen

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

obliegt eine Analyse von Pro- und Contra-Argumenten auf Werteebene.

5. *Begründete Urteilsfällung und Diskussion alternativer Urteile*: Ziel dieses Schrittes ist die Herausbildung eines reflektierten Urteils, indem „die Schüler und Schülerinnen zunächst ihr persönliches Urteil fällen und anschließend weitere mögliche Urteile reflektieren“ (BÖGEHOLZ et al., 2004, S. 99).
6. *Aufzählen von Konsequenzen, die das eigene/das andersartige Urteil implizieren*: Im letzten Schritt wird ein Perspektivenwechsel gefordert, dabei müssen die egozentrischen, soziozentrischen und gesellschaftlichen Positionen berücksichtigt werden. Infolgedessen werden auch Folgen des eigenen Urteils analysiert, wodurch das eigene Urteil möglicherweise revidiert wird (EGGERT & HÖSSLE, 2006).

Mit Hilfe dieser Sechs-Schritt-Methode kann dem Unterricht eine starke Strukturierung gegeben werden und den Lernenden kann sie „eine Hilfestellung für eine ethische Urteilsbildung und systematisches Entscheiden angesichts vorhandener Komplexität liefern“ (BÖGEHOLZ et al., 2004, S. 106).

Zur gezielten Förderung der Bewertungskompetenz sind auch weitere Methoden wie die Fallstudienmethode (EGGERT & HÖSSLE, 2006), Rollen- und Planspiele sowie Pro- und Contra-Diskussionen geeignet (GEBHARD et al., 2017). Da diese Methoden die Bewertungskompetenz allerdings nicht gezielt anhand der Teilkompetenzen des Oldenburger Modells fördern und so eine Überprüfung des Ursprungs einer möglichen Verbesserung der Bewertungskompetenz erschwert wird, finden diese Methoden keine nähere Berücksichtigung.

2.3.4 Stand der biodidaktischen Forschung

Nach der Einführung der Bildungsstandards durch die KMK (2005) wurde die Bewertungskompetenz von Schülern in verschiedenen Studien untersucht. Ein besonderes Augenmerk lag dabei zunächst auf der Entwicklung und empirischen Überprüfung von Kompetenzstrukturmodellen, um die Bewertungskompetenz gezielt erheben zu können und Förderbedarf aufzudecken (EGGERT & BÖGEHOLZ, 2006; MITTELSTEN SCHEID & HÖSSLE, 2007; REITSCHERT et al., 2007). Zur Förderung und Erhebung der Bewertungskompetenz wurden unterschiedliche Ansätze untersucht, die im Folgenden näher vorgestellt werden. Aus den vorgestellten Studien werden die Relevanz der Studie sowie der aktuelle Forschungsbedarf und auch das Studiendesign abgeleitet.

Im Anschluss an die theoriegeleitete Erstellung des Oldenburger Modells überprüfte REITSCHERT (2009) die erstellten Teilkompetenzen mit Hilfe von Einzelinterviews zum bioethischen Kontext der Präimplantationsdiagnostik mit 17 Schülern einer 10. Klasse

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

einer Realschule. Dabei wurden durch die induktive Kategorienbildung in Anlehnung an die Grounded Theory Ausprägungen der einzelnen Teilkompetenzen gebildet. In dieser Studie stellte sich grundlegend heraus, dass es bei allen Teilkompetenzen drei Niveaueausprägungen gibt. Der größte Teil der Schüler ist auf dem ersten Niveau zu finden, woraus sich ein Bedarf der Förderung der Bewertungskompetenz ableiten lässt. Schüler einer geringen Niveaustufe befürworten in dieser Studie meistens eine PID, wohingegen Schüler mit höheren Niveaustufen die PID entweder ablehnen oder unentschlossen sind. Durch gezielte Thematisierung von bioethischen Themen und den damit einhergehenden Problematiken wie der Einnahme von übergeordneten Perspektiven kann die Bewertungskompetenz gezielt gefördert werden (REITSCHERT, 2009). Ebenso sei es sinnvoll „den Biologieunterricht mit dem Philosophie- oder Werte-und-Normen-Unterricht [zu] verknüpfen“ (REITSCHERT, 2009, S. 293). Um die Argumentationsstruktur der Schüler zu optimieren, sei es ebenfalls notwendig, den Schwerpunkt auf die Argumentation gegen die eigene Position durch Aufstellen von Contra-Argumenten zu legen (ebd.).

Um zu testen, ob die Bewertungskompetenz durch eine Intervention nach dem Oldenburger Modell verbessert werden kann und um die Niveaustufen zu den einzelnen Teilkompetenzen der Bewertungskompetenz zu überprüfen, wurde 2008 von MITTELSTEN SCHEID eine Interventionsstudie durchgeführt. Vor der Durchführung der Intervention wurden mit Hilfe von 72 leitfadengestützten Interviews Schüler einer 8. und 10. Klasse befragt. Hier konnte zunächst festgestellt werden, dass nur wenige Unterschiede zwischen der Bewertungskompetenz der Acht- und Zehntklässler bestehen. Die von REITSCHERT (2009) induktiv erhaltenen Niveaustufen konnten hier noch einmal ausführlich überprüft und stärker ausdifferenziert werden (vgl. Kapitel 2.3.3.1 Abschnitt Oldenburger Modell der ethischen Urteilskompetenz). Des Weiteren wurde aus diesen Ergebnissen neben der Notwendigkeit der expliziten Förderung der Bewertungskompetenz auch die Intervention selbst abgeleitet. In dieser Interventionsstudie wurden 36 Schüler einer 8. Klasse einer Gesamtschule unterrichtet und in einem Prä-Post-Test-Design mit denselben leitfadengestützten Interviews vor und nach der Durchführung der Intervention befragt. Dabei wurden 18 Schüler mit Hilfe des Kontextes Sexualität und der Sechs-Schritt-Methode über 12 Schulstunden hinweg unterrichtet, wohingegen die übrigen 18 Schüler als Kontrollgruppe fungierten und den konventionellen Unterricht erhielten. Dabei hat sich ergeben, dass ein Unterricht durch den Sechs-Schritt einen Anstieg der Niveaus der Bewertungskompetenz bei den Schülern hervorruft. Die Berücksichtigung von Mehrperspektiven, die Einnahme einer Metaperspektive sowie die Hierarchisierung von Werten und klare zielgerichtete Aufgaben haben eine solche „Kompetenzstimulierung“ bewirkt (MITTELSTEN SCHEID, 2008, S. 316). Trotzdem konnte gezeigt werden, dass die Übernahme von Metaperspektiven eine große Schwierigkeit bei den Schülern darstellt.

Um eine Erhebung der Bewertungskompetenz nach dem Oldenburger Modell zu erleichtern, wurden 2014 von VISSER Diagnose-Aufgaben entwickelt. Durch diese Aufgaben sollte den Lehrkräften der Umgang mit der Bewertungskompetenz erleichtert werden. Denn diese sehen die Einführung der Bewertungskompetenz in den Biologieunterricht

kritisch, da sie Schwierigkeiten im Umgang mit dieser haben (ALFS, 2012). Aufgrund der großen Menge an Inhalten, welche die Schüler erlernen müssen, sei nicht genügend Zeit für die Bewertung. Außerdem bemängeln die Lehrkräfte, dass es zu wenige praxisorientierte Arbeitsmaterialien zu diesem Kompetenzbereich gebe (ebd.). Zusätzlich konnte ALFS (2012) aus den Interviews mit Lehrkräften feststellen, dass der Zeitaufwand und auch die Leistungsmessung während der Bewertung als problematisch angesehen werden. Darüber hinaus überfordert einige Lehrkräfte die Ergebnisoffenheit des ethischen Bewertens. Aus diesem Grund können die von VISSER (2014) entwickelten schriftlichen Aufgaben zumindest die Leistungsmessung erleichtern. Diese Aufgaben, welche die Teilkompetenzen des Oldenburger Modells abdecken, aber auch Stellungnahmen abfragen sowie ethisches Grundlagenwissen erheben, wurden durch 40 Schüler getestet und anschließend weiterentwickelt. Zusätzlich ließen sich aus den Daten Hinweise zur Konstruktion neuer Aufgaben sowie Stufungshilfen für die Auswertung der Aufgaben nach den Niveaustufen des Oldenburger Modells formulieren. Nebenbei konnten so auch die Kompetenzen von Elftklässlern in den Bereichen *Folgenreflexion*, *Perspektivenwechsel*, *Ethisches Basiswissen* und *Argumentieren* erhoben werden (VISSER, 2014). Nur wenige Schüler konnten Folgen für die Gesellschaft reflektieren. Auch beim Perspektivenwechsel wurden zwar aktive und passive Akteure in der Situation benannt, aber eine gesellschaftliche Perspektive wurde nur selten eingenommen. Die Begriffe Werte, Normen und Ethik waren den Schülern nicht geläufig und konnten nur selten richtig definiert werden. Ebenso gab es Schwierigkeiten bei dem Erkennen von normativen und deskriptiven Aussagen und somit bei der Bildung von Argumenten im Sinne des praktischen Syllogismus (ebd.). Weitere Möglichkeiten zur Aufgabenentwicklung im Bereich Bewertung zeigt das Lernproduktorientierte Modell von Lübeck (2018). Dieses Modell ermöglicht die Entwicklung von kompetenzorientierten Lernaufgaben anhand von festgelegten Lernprodukten, die durch diese Aufgabe gefördert werden sollen. Dabei orientiert sich dieses Modell am Sechs-Schritt der moralischen Urteilsbildung sowie dem Göttinger Modell und seinen Teilkompetenzen (LÜBECK, 2018). Anhand dieser Lernprodukte lassen sich die Aufgaben, die „zu einer reflektierten und begründeten Entscheidung“ (LÜBECK, 2018, S. 25) führen, in sieben Typen einteilen. Durch dieses schrittweise Durchlaufen der Aufgaben entwickelt sich die Kompetenz der Schüler weiter. Dabei ist das Fachwissen immer eng mit den Aufgaben verknüpft und spielt in diesem Modell eine besondere Rolle, denn ohne das entsprechende Hintergrundwissen ist kein ethisches Bewerten möglich. Durch die Fokussierung eines bestimmten Lernproduktes in einer Aufgabe kann die Bewertungskompetenz gezielt entwickelt werden (LÜBECK, 2018). Dennoch fehlt ein entsprechender empirischer Beleg für die Förderung der Bewertungskompetenz mit diesen Aufgaben. Um die Bewertungskompetenz gezielt zu fördern, gibt es unterschiedliche nationale und internationale Ansätze. Zunächst ist die Studie von HÖSSLE (2001) hervorzuheben. In dieser Studie wurden die sechs Schritte zur moralischen Urteilsbildung nach einer theoretischen Ableitung erstmals überprüft. Zu diesem Zweck wurde eine Interventionsstudie mit leitfadengestützten Interviews im Prä-Post-Test-Design zur Überprüfung der moralischen Urteilskompetenz durchgeführt. Dabei überprüft diese, ob sich die morali-

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

sche Urteilskompetenz stärker verbessern lässt, wenn Hoffnungen und Befürchtungen der Schüler im Unterricht thematisiert werden. Eine Erhebung dieser Hoffnungen und Befürchtungen geschah vor dem Unterricht mit Hilfe eines Fragebogens mit zwei offenen Fragen. Die 43 teilnehmenden Schüler waren auf drei Gruppen verteilt, wobei die erste Experimentalgruppe eine 26-stündige Intervention unter Berücksichtigung der Hoffnungen und Befürchtungen und die zweite Experimentalgruppe eine ähnliche 26-stündige Intervention ohne Berücksichtigung der Hoffnungen und Befürchtungen erhielt. Die dritte Gruppe fungierte als Kontrollgruppe und erhielt somit keine besondere Intervention. Eine qualitative Inhaltsanalyse zeigte Veränderungen nach der Intervention in den sechs Schritten der moralischen Urteilsbildung. So konnten beide Experimentalgruppen nach den Interventionen besser das geschilderte Dilemma definieren, Handlungsoptionen nennen, persönliche Urteile unter Berücksichtigung andersartiger Urteile bilden und Konsequenzen für das eigene und andere Urteil aufzählen (HÖSSLE, 2001). Die Berücksichtigung der Befürchtungen und Hoffnungen der Schüler in der Experimentalgruppe I hat zu einer deutlichen Verbesserung des Aufzählens ethischer Werte und der Unterscheidung von Argumentationstypen im Vergleich zu den anderen Gruppen geführt (ebd.). Diese Experimentalgruppe I konnten ebenfalls besser unterschiedliche Perspektiven einnehmen und eine ausgewogenere Berücksichtigung ethischer Denktraditionen zeigen.

Auch ALFS et al. (2011) haben eine Interventionsstudie zur Förderung der Bewertungskompetenz im Rahmen des Projektes HannoverGen durchgeführt. Grundlegend für die Erhebung der Bewertungskompetenz war hier das Oldenburger Modell. Mit Hilfe eines Prä-Post-Test-Designs durch Fragebögen mit offenen Fragen konnten die Kompetenzniveaus für jede Teilkompetenz erhoben und anschließend verglichen werden. Die Intervention bestand aus einem Praxisteil im Schülerlabor und einer anschließend von den Biologielehrkräften durchgeführten Intervention. Dabei konnten die Lehrkräfte sich eine von drei möglichen Interventionen aussuchen, wobei alle drei die Bewertungskompetenz im vergleichbaren Rahmen fördern sollten. Die Ergebnisse der Studie, an der insgesamt 268 Schüler teilnahmen, zeigten nur bei den Teilkompetenzen *Perspektivenwechsel* und *Folgenreflexion* eine signifikante Verbesserung. Die Autoren der Studie vermuten, dass explizites Unterrichten von Fachwissen eine Verbesserung dieser Teilkompetenzen zur Ursache hat. Die weiteren Teilkompetenzen konnten durch diese Studie nicht gefördert werden, möglicherweise wurden die an den Labortag anschließenden Interventionen anders oder weniger ausführlich durchgeführt (ALFS et al., 2011).

Der Zusammenhang von Fachwissen und der Bewertungskompetenz ist allerdings umstritten. So konnte KOLSTØ (2006) in Norwegen keinen Zusammenhang zwischen der Bewertung und dem Fachwissen feststellen. Vielmehr konnte in der Interventionsstudie, die mit Interviews vor- und nachuntersucht wurde, eine intuitive Urteilsbildung belegt werden. So nutzen die 22 teilnehmenden Schüler kein Fachwissen, um ihre Entscheidungen zu bekräftigen, sondern suchten sich post-hoc Argumente für ihr eigenes Urteil. Ähnliches hat auch MENTHE (2012) in einer Interventionsstudie mit fünf Klassen eines Gymnasiums beobachtet. Die Schüler haben in einem Fragebogen sowohl ihr Fachwis-

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

sen als auch Urteilskriterien sowie ihr eigenes Urteil dargestellt. Nach dem Unterricht wurden mit einigen Schülern Gruppeninterviews zur Vertiefung der Erkenntnisse aus den Fragebögen geführt. Dabei stellte sich heraus, dass die vorab gebildeten Meinungen sehr stabil sind und Kenntnisse aus dem Unterricht nicht näher zur Erläuterung herangezogen werden. Auch wenn in der Intervention versucht wurde, explizit die Meinungen aufzugreifen und Vorurteile aufzuklären, konnte dieses Wissen die intuitiven Urteilsbildungen nicht verändern oder differenzieren (MENTHE, 2012). Diese Ergebnisse zeigen, dass Kontextorientierung allein nicht ausreichen kann, um Urteile reflektierter zu gestalten, vielmehr müsse die Anwendbarkeit und Vernetzung des Wissens deutlicher in den Fokus gerückt werden (ebd.).

Dennoch konnten ZOHAR & NEMET (2002) in Israel feststellen, dass die Berücksichtigung von Dilemmata während des Unterrichts die Bewertungskompetenz und das Fachwissen fördert. So kann durch den Einsatz der Dilemma-Methode anwendbares Wissen erlangt werden, das den Schülern hilft, Argumente zu bilden. Dafür führten die Autoren ebenfalls eine Interventionsstudie mit Prä-Post-Test Befragung durch. Dabei waren die Probanden auf zwei Gruppen aufgeteilt, wobei 99 Schüler mit Hilfe von Dilemmata unterrichtet wurden und 87 Schüler normalen Unterricht erhielten (ZOHAR & NEMET, 2002).

CAVAGNETTO (2010) stellte in einer internationalen Literaturstudie heraus, welche Aspekte zur Förderung der fundierten Argumentationsbildung notwendig sind. In dieser Studie wurden 54 Interventionsstudien zur Förderung der Argumentationsbildung verglichen. Dabei wurden drei Merkmale zusammengefasst, die eine Förderung der Argumentationsbildung generell möglich machen:

- Die Struktur von Argumenten sollte den Lernenden beigebracht werden, um korrekte Argumente bilden zu können.
- Die wissenschaftlichen Grundlagen und auch Sichtweisen unterstützen die Bildung von Argumenten für und gegen eine Position.
- Die Kontextualisierung durch ethische Dilemmata ist eine Möglichkeit, um die Lernenden zu aktivieren.

Weitere Implementationen zur Förderung der Bewertungskompetenz durch SSI haben CHUNG et al. (2016) und VAN LIESHOUT & DAWSON (2016) aufgestellt. CHUNG et al. führten eine Interventionsstudie mit 132 Neuntklässlern in Südkorea durch. Dabei kamen Paper-Pencil-Tests in einem Prä-Post-Test-Design sowie vertiefende Interviews zum Einsatz. In der Intervention wurden genetische Modifikationen an Menschen im Sinne der SSI thematisiert, um eine Verbesserung der Kommunikationsfähigkeit und Meinungsbildung zu bewirken. Eine Diskussion über unterschiedliche Meinungen und Standpunkte führte zu einer Verdeutlichung unterschiedlicher Perspektiven (CHUNG et al., 2016). Durch diese Intervention konnten die Schüler die Kernaussagen aus einem Dilemma

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

besser extrahieren und auch mehr Perspektiven einnehmen. Auch die Begründung des eigenen Urteils ist den Schülern nach der Intervention leichter gefallen. Schwierigkeiten während des Unterrichts und auch in den Fragebögen hatten die Schüler mit der Akzeptanz andersartiger Urteile. Für weitere Studien empfehlen die Autoren, dass Phasen der freien Argumentation und Arbeiten in Kleingruppen sowie Phasen der offenen Darstellung unterschiedlicher Ideen und Überlegungen in den Unterricht integriert werden sollten, um die Kommunikationsfähigkeit im Zuge eines Bewertungsprozesses verbessern zu können (ebd.). Auch die australische Studie mit Zehntklässlern einer High School zum Wissen und den Einstellungen zur Biotechnologie zeigte, dass Diskussionen und das Aufzeigen unterschiedlicher Perspektiven einen positiven Effekt auf die Darstellung und Begründung der eigenen Position haben (VAN LIESHOUT & DAWSON, 2016).

In der folgenden Tabelle 2.13 werden alle genannten Studien noch einmal zusammengefasst:

Tabelle 2.13: Zusammenfassung des aktuellen Forschungsstandes.

Studie	Theoretischer Ansatz/ Methode	Zentrale Aussagen
REITSCHERT (2009)	Qualitative Interviews mit Schülern zur Bestätigung eines theoriebasierten Modells	Die Bewertungskompetenz der Schüler ist auf einem eher niedrigen Niveau, weshalb diese Kompetenz einen dringenden Förderungsbedarf hat.
MITTELSTEN SCHEID (2008)	Qualitative Interviews mit Schülern zur Ausdifferenzierung von Niveaustufen & eine Interventionsstudie mit denselben Interviews	Die Niveaustufen unterschiedlicher Altersklassen unterscheiden sich kaum. Durch eine Intervention, bei der gezielt die Teilkompetenzen des Oldenburger Modells angesprochen werden, kann die Bewertungskompetenz stimuliert werden.
VISSER (2014)	Auswertung schriftlicher Diagnose-Aufgaben zur Bewertungskompetenz	Unterschiedliche Niveaus der Bewertungskompetenz können kriteriengeleitet den schriftlichen Bearbeitungen zugeordnet werden.
LÜBECK (2018)	Theoretisches Aufstellen eines Modells	Durch das Lernproduktorientierte Modell können Lernaufgaben für den Kompetenzbereich der Bewertung erstellt werden.
HÖSSLE (2001)	Qualitative Interviews mit Schülern in einer Interventionsstudie zur Überprüfung der Wirksamkeit der sechs Schritte zur moralischen Urteilsbildung	Die Durchführung einer Intervention mit Hilfe der Sechs-Schritt-Methode unter Berücksichtigung von Hoffnungen und Befürchtungen verbessert die Fähigkeit der Schüler, ethische Werte und Argumentationstypen zu erkennen.

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

Studie	Theoretischer Ansatz/ Methode	Zentrale Aussagen
ALFS et al. (2011)	Qualitative Fragebögen in einer Interventionsstudie mit Schülern	Durch fachwissenschaftliche und praktische Einblicke in den Themenbereich der Grünen Gentechnik verbessern sich der <i>Perspektivenwechsel</i> und die <i>Folgenreflexion</i> signifikant. Weitere Teilkompetenzen des Oldenburger Modells zeigen keine signifikanten Entwicklungen.
ALFS (2012)	Interviews mit Lehrkräften zum Kompetenzbereich der Bewertung	Lehrkräfte empfinden den Kompetenzbereich Bewertung als Zusatzbereich und haben Schwierigkeiten mit der Ergebnisoffenheit ethischer Bewertungsprozesse. Lehrkräfte bemängeln, dass es zu wenige praxisorientierte Unterrichtsmaterialien gibt.
KOLSTØ (2006) & Menthe (2012)	Qualitative Interviews und Qualitative Fragebögen sowie Gruppeninterviews zur Untersuchung einer Intervention mit Schülern	Laut beider Studien beeinflusst Fachwissen weder die Qualität eines intuitiv gefällten Urteils noch die Entscheidung der Probanden.
ZOHAR & NEMET (2002)	Interventionsstudie mit Prä-Post-Test Befragung mit Schülern	Die Verwendung von Dilemmata im Unterricht fördert sowohl das Fachwissen als auch die Bewertungskompetenz.
CAVAGNETTO (2010)	vergleichende Literaturstudie	Zur Verbesserung der Bewertungskompetenz sollten Schüler kontextualisiert lernen, wie Argumente aufgebaut sind und welche unterschiedlichen Perspektiven es gibt.
CHUNG et al. (2016)	Quantitative Paper-Pencil-Tests in einer Interventionsstudie mit vertiefenden Interviews mit Schülern	Durch Diskussionen und das Aufzeigen unterschiedlicher Perspektiven kann die Bewertungskompetenz verbessert werden. Die Akzeptanz andersartiger Urteile fällt den Schülern schwer.
VAN LIESHOUT & DAWSON (2016)	Quantitative Online-Fragebögen in einer Interventionsstudie mit Schülern	Das Aufzeigen unterschiedlicher Perspektiven führt zu einem positivem Effekt auf die Urteilsdarstellung.

Zusammenfassung:

- *Durch die Bildungsstandards ist die Bewertung bioethischer Konflikte fest im Biologieunterricht verankert worden. Die keimbahnverändernde Genom-Editierung ist ein solcher bioethischer Konflikt, da sie eine zukünftige, umstrittene Methode in der Medizin ist.*
- *Es gibt unterschiedliche Modelle der Bewertungskompetenz, die verschiedene Teilkompetenzen dieser aufzeigen.*
- *Die sechs Schritte der moralischen Urteilsbildung strukturieren den bioethischen Unterricht und helfen Schülern ein fundiertes Urteil zu bilden.*
- *Es gibt einen Förderungsbedarf der Bewertungskompetenz von Jugendlichen.*
- *Durch eine unterrichtliche Intervention lässt sich die Bewertungskompetenz von Schülern verbessern.*
- *Es ist nicht eindeutig, welche Rolle das Fachwissen bei der Bewertung bioethischer Konflikte spielt.*

3 Fragestellungen

Aus dem vorgestellten Forschungsstand ergeben sich Fragestellungen für eine biologie-didaktische Forschung. So ist bis jetzt die Genom-Editierung mit CRISPR/Cas9 und die Bewertung dieser noch nicht Gegenstand einer deutschen Forschung gewesen. Zwar gibt es schon Studien aus China oder Australien, dennoch fehlen Ergebnisse aus Deutschland. Eine Parallelstudie von VAJEN et al. (2021) erhebt aus diesem Grund unter anderem, wie deutsche Studierende die Möglichkeiten einer keimbahnverändernden Genom-Editierung bewerten. Aus diesem Grund ist es Ziel der vorliegenden Studie über, die Erhebung des Ist-Zustandes hinauszugehen und eine Förderung der Bewertungskompetenz zum Kontext der Genom-Editierung bei Schülern zu ermitteln.

Es konnte schon in mehreren Studien festgestellt werden, dass die Bewertungskompetenz von Jugendlichen nicht bei allen Teilkompetenzen gleich stark ausgebildet ist (MITTELSTEN SCHEID, 2008; REITSCHERT, 2009; VISSER, 2014). Daher ist anzunehmen, dass eine Bewertung für Jugendliche der Genom-Editierung mit CRISPR/Cas9 eine Herausforderung ist. Jedoch kann die Bewertungskompetenz und die fundierte Urteilsbildung durch Interventionen unterschiedlichster Art verbessert werden (ALFS et al., 2011; CHUNG et al., 2016; HÖSSLE, 2001; VAN LIESHOUT & DAWSON, 2016; ZOHAR & NEMET, 2002). ČRNE-HLADNIK et al. (2009) haben darüber hinaus gezeigt, dass ein Input vor einer Datenerhebung differenzierte und fundierte Meinungsdarstellungen fördert. Aus diesem Grund wird zur genaueren Untersuchung der Bewertungen der Jugendlichen eine Interventionsstudie durchgeführt. Zusätzlich kann so die Entwicklung der Bewertungskompetenz bei Jugendlichen erhoben werden. Dabei können sowohl die Interventionen als auch die erstellten Unterrichtsmaterialien hinsichtlich ihrer Wirksamkeit überprüft und detaillierte Einblicke in die Bewertung der keimbahnverändernden Genom-Editierung ermöglicht werden. Infolgedessen lautet die Fragestellung dieser Studie:

Wie entwickeln sich die Teilkompetenzen der ethischen Bewertungskompetenz von Jugendlichen, nachdem sie Interventionen zum Thema der Genom-Editierung erhalten haben?

Aus dieser Fragestellung ergeben sich je nach Teilkompetenz des Oldenburger Modells

3 Fragestellungen

weitere Unterfragestellungen. Dabei wird der Fokus auf die Teilkompetenzen *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz, Beurteilen und Urteilen* gelegt. Die weiteren Teilkompetenzen der Bewertungskompetenz finden somit keine Berücksichtigung in der vorzustellenden Studie. Dies lässt sich unter anderem mit den Ergebnissen der Studie von ALFS et al. (2011) begründen. Diese konnten die Teilkompetenzen *Folgenreflexion* und *Perspektivenwechsel* durch eine Intervention gezielt fördern, weshalb eine erneute Überprüfung nicht notwendig erscheint. Für die Teilkompetenzen *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz, Beurteilen und Urteilen* fehlen solche Ergebnisse. Darüber hinaus ermöglichen die Erkenntnisse zu diesen drei Teilkompetenzen tiefere Einblicke in die Bewertungen der Jugendlichen:

1. *Wie verändert sich die Wahrnehmung der Relevanz des dargestellten Dilemmas?*
2. *Wie entwickelt sich das Erkennen und Nennen von ethischen Werten?*
3. *Wie verändert sich die Begründung des eigenen Urteils?*

Eine Beschreibung des Forschungsdesigns sowie der Methodik, die zur Beantwortung der aufgestellten Forschungsfragen führen, folgt im nächsten Kapitel.

4 Forschungsdesign und Methodik

Um einen möglichst uneingeschränkten Blick auf die Bewertungsprozesse der Jugendlichen zu geben, wird für die angestrebte Studie ein **qualitatives Forschungsdesign** gewählt. Zunächst wird in diesem Kapitel das qualitative Design der **Interventionsstudie** begründet. Außerdem folgt eine Beschreibung des qualitativen Fragebogens als genutztes Erhebungsverfahren. Darauf aufbauend wird die Durchführung der Studie erläutert, indem sowohl die Stichprobe als auch die Interventionen näher vorgestellt werden. Abschließend folgt die Darstellung der Datenaufbereitung sowie der Ergebnisauswertung.

4.1 Begründung des Forschungsdesign

Wie eingangs erwähnt, handelt es sich bei der hier vorzustellenden Studie um eine qualitative Forschung. Solche qualitativen Forschungsansätze eignen sich besonders zur Beantwortung offener Forschungsfragen (DÖRING & BORTZ, 2016), wie der in Kapitel 3 vorgestellten. Ziel einer qualitativen Studie ist eine Gegenstandsbeschreibung und keine Überprüfung von Hypothesen (ebd.). Da in der vorliegenden Studie eine Analyse der Bewertungsprozesse von Jugendlichen angestrebt wird, bietet sich ein qualitatives Design an. Es sollen somit keine statistischen Auswertungen erfolgen oder zuvor aufgestellte Hypothesen überprüft werden, wie es für eine quantitative Forschung charakteristisch wäre (ebd.). Vielmehr soll möglichst frei und uneingeschränkt die Bewertung der Genom-Editierung veranschaulicht werden.

In qualitativen Forschungen werden Hypothesen meist erst am Ende aus den Studienergebnissen generiert (LAMNEK, 2010). In der vorliegenden Studie werden jedoch keine Hypothesen gebildet, da es noch keine Studien zur Bewertung der Genom-Editierung von deutschen Schülern gibt. Aus diesem Grund wird die Studie ergebnisoffen gestaltet, um möglichst detailliert Einblicke in die Bewertungen der Schüler geben zu können. Außerdem können durch diese Offenheit neue, nicht vorhersehbare Informationen gewonnen werden (DÖRING & BORTZ, 2016; NIEBERT & GROPENGIESSER, 2014), die zentral für eine Wirklichkeitsdefinition sind (LAMNEK, 2010). Auch die Kommunikation und Interaktion zwischen Forschendem und Probanden ist ein zentrales Prinzip für eine qualitative Forschung, da die Auswertung der Ergebnisse nicht standardisiert, sondern per-

spektivenabhängig erfolgt (ebd.). Weitere zentrale Prinzipien sind:

- Prozesscharakter von Forschung und Gegenstand
- Reflexivität von Gegenstand und Analyse
- Explikation
- Flexibilität

Eine qualitative Forschung besitzt somit einen Prozesscharakter, der sowohl für den Forschungsgegenstand als auch die Forschung selbst gilt. Um den Entstehungszusammenhang der Ergebnisse deutlich zu machen, soll der Forschungsprozess dokumentiert, analysiert und erklärt werden (ebd.). Des Weiteren benötigt qualitative Forschung immer auch eine reflektierte Einstellung des Forschenden, die es ihm ermöglicht, die Methodewahl für die Forschung zu überdenken (ebd.). Durch die Forderung einer Explikation der Ergebnisse sichert sich qualitative Forschung „die Nachvollziehbarkeit der Interpretation und damit die Intersubjektivität des Forschungsergebnisses“ (LAMNEK, 2010, S. 23). Die Auswertung der Daten geschieht in qualitativen Forschungsansätzen meist durch hermeneutische Ansätze, sprich einer systematischen Interpretation von Text- oder Bildmaterial. Dabei wird auf eine umfassende und detaillierte Analyse weniger Fälle Wert gelegt, die in einem natürlichen Umfeld befragt wurden (ebd.). Aufgrund unerwarteter Probleme kann es sinnvoll sein, neue Richtungen einzuschlagen. Dies entspricht dem Prinzip der Flexibilität. Die vorzustellende Forschung lehnt sich an die dargestellten Prinzipien an.

Zur Beantwortung der Fragestellungen sollen die Jugendlichen ihre Urteile möglichst frei fällen, sodass neben der Bestimmung von Niveaustufen auch individuell wichtige ethische Werte und Argumente analysiert werden können (DIEKMANN, 2013; LAMNEK, 2010). Um aber gleichzeitig alle Teilnehmenden der Studie befragen zu können, ist eine Erhebungsmethode notwendig, die eine offene Datenerhebung aber auch vergleichbare Ergebnisse erzielt. Einstellung, Werteorientierungen und Überzeugungen lassen sich laut PORST (2014) gut in Fragebögen erheben. Dabei eignet sich besonders der **qualitative Fragebogen**, der durch seinen halbstandardisierten Charakter mit offenen Fragen „das Pendant zum Interviewleitfaden bei halbstrukturierten mündlichen Befragungen“ (DÖRING & BORTZ, 2016, S. 403) bildet. Ein solcher qualitativer Fragebogen wird zur Befragung der Jugendlichen in dieser Studie eingesetzt, da er sowohl das Kriterium der Offenheit erfüllt, als auch die Kommunikation zwischen Forschendem und Probanden ermöglicht. Dieser Fragebogen wird in Kapitel 4.2.1 näher erläutert.

ČRNE-HLADNIK et al. (2009) beschreiben, dass ein Input den Schülern eine gutfundierte Urteilsbildung ermöglicht. Es bietet sich somit an, die Bewertungskompetenz und das Fachwissen zur Genom-Editierung durch eine Intervention zu vermitteln. So können genaue Einblicke in die Entscheidungsprozesse der Jugendlichen erlangt werden. Aus diesem Grund wird eine Interventionsstudie angelehnt an ein **quasi-experimentelles Design** angestrebt. Unter einer Interventionsstudie versteht man „eine Untersuchung,

die mit Methoden der empirischen Sozialforschung die Wirkung und Folgen bestimmter Maßnahmen (Interventionen) erfasst“ (KRÜGER & RIEMEIER, 2014, S. 404). In diesem Zusammenhang zeichnet sich ein quasi-experimentelles Design durch einen Stimulus aus, der beobachtet wird (DIEKMANN, 2013). Genauer gefasst, kann durch eine Prä-Post-Test Befragung die Veränderung der Bewertungskompetenz innerhalb einer unterrichtlichen Intervention (Stimulus) beobachtet werden.

Ein weiteres Merkmal eines Quasi-Experiments ist die fehlende Randomisierung bei der Stichprobenziehung. Dies bedeutet, dass die Versuchsgruppen nicht zufällig aufgeteilt werden, sondern schon vorhandene Gruppen wie beispielsweise Schulklassen genutzt werden. Bei einer solchen Stichprobenaufteilung kann es jedoch zu dem Problem kommen, dass die Gruppen nicht miteinander zu vergleichen sind (DÖRING & BORTZ, 2016). Dennoch werden in dieser Studie die Probanden in ihrem Klassenverband gelassen, um so eine bessere Kooperation zwischen den Probanden während der Interventionen zu erlangen. Zusammengefasst durchlaufen alle Probanden den Prä-Test und bekommen dann unterschiedliche Interventionen, bevor sie zum Schluss den Post-Test ausfüllen (vgl. Abb. 4.1).



Abbildung 4.1: Quasi-experimentelles Design der Interventionsstudie (eigene Abbildung).

Da in dieser Interventionsstudie nicht nur die Bewertungskompetenz gefördert, sondern auch das Fachwissen zur Genom-Editierung geschult wird, bedient sich die Studie zusätzlich einem mehrfaktoriellen Design. Bei einem mehrfaktoriellen Design werden mehrere Einflussfaktoren untersucht, indem unabhängige Variablen verändert werden (DÖRING & BORTZ, 2016). In dieser Studie entsprechen die zwei Interventionen den unabhängigen Variablen. So können die Auswirkungen der beiden Interventionen gezielt getestet werden. Eine der Interventionen beinhaltet in diesem Zuge das Fachwissen zur Genom-Editierung und eine weitere bewertet die Möglichkeiten einer keimbahnverändernden Genom-Editierung. Auf der Basis der Ergebnisse dieser Studie können im Anschluss differenzierte Leitlinien für den Biologieunterricht und weitere Studien zur Erhebung der Bewertungskompetenz entwickelt werden. Ein solches Design, das zwei unabhängige Variablen untersucht, bezeichnet man auch als **2x2-faktorielles Design** (ebd.). Diesem 2x2-faktoriellen Ansatz folgend, lassen sich vier Versuchsgruppen ableiten (vgl. Tab. 4.1). Auch wenn sowohl das quasi-experimentelle Design als auch das 2x2-faktorielle Design häufig nur in quantitativen Forschungen angewendet werden (DIEKMANN, 2013; DÖRING & BORTZ, 2016), werden diese Versuchsansätze in der vorzustellenden Studie für eine qualitative Forschung genutzt. Dies geschieht durch die Nutzung der Designs in Kombination mit qualitativen Erhebungs- und Auswertungsmethoden. Insgesamt wird

durch das vorgestellte Untersuchungsdesign angestrebt, möglichst offene Ergebnisse zu den Fragestellungen zu erhalten, die dann über eine qualitative Inhaltsanalyse ausgewertet werden (vgl. Kapitel 4.4.2). Zusammengefasst handelt es sich bei der hier vorgestellten qualitativen Studie um ein **quasi-experimentelles, 2x2-faktorielles Design**.

In der abschließenden Tabelle 4.2 werden alle Arbeitsschritte für die vier Versuchsgrup-

Tabelle 4.1: Versuchsgruppenaufteilung nach dem 2x2-faktoriellen Design.

	Intervention zum Fachwissen	<i>keine</i> Intervention zum Fachwissen
Intervention zum Bewerten	Gruppe Fachwissen und Bewertung (FBW)	Gruppe Bewertung (BW)
<i>keine</i> Intervention zum Bewerten	Gruppe Fachwissen (F)	Kontrollgruppe (K)

pen dargestellt, bevor das Erhebungsverfahren im nächsten Abschnitt näher vorgestellt wird:

Tabelle 4.2: Arbeitsabläufe in den Versuchsgruppen.

Gruppe	Gruppe Fachwissen und Bewertung (FBW)	Gruppe Bewertung (BW)	Gruppe Fachwissen (F)	Kontrollgruppe (K)
Prä-Test	+	+	+	+
Intervention zum Fachwissen	+	-	+	-
Intervention zum Bewerten	+	+	-	-
Post-Test	+	+	+	+

4.2 Erhebungsverfahren

Für systematische Wiederholungen von Befragungen, wie es in der vorliegenden Studie geplant ist, wird häufig ein **qualitativer Fragebogen** eingesetzt (PORST, 2014). Die Charakteristika eines solchen qualitativen Fragebogens sowie der Aufbau des für diese Studie genutzten Fragebogens werden in diesem Abschnitt thematisiert. Außerdem werden die Interventionen didaktisch und methodisch begründet. Den Abschluss des Abschnitts bilden die Ergebnisse der Vorstudien sowie die daraus resultierenden Überarbeitungen des Fragebogens und der Interventionen.

4.2.1 Der qualitative Fragebogen

Zur Erhebung qualitativer Daten werden meist nicht-standardisierte Erhebungsmethoden gewählt (DÖRING & BORTZ, 2016). Dazu werden häufig Interviews, Gruppendiskussionen oder andere freie Formen der Datenerhebung genutzt, um den Probanden möglichst wenig einzuschränken (DIEKMANN, 2013). Diese genannten Methoden schließen allerdings eine genaue „Festlegung des Wortlauts und der Reihenfolge der Fragen“ (NIEBERT & GROPENGIESSER, 2014, S. 124) aus. Auch wenn Dilemma-Interviews zur Erfassung von Urteilen und Bewertungen starke Strukturierungen aufzeigen können, ist eine Auswertung und auch Erhebung von Daten mit Hilfe eines solchen Interviews wenig ökonomisch (ebd.). Aus diesem Grund wird in der vorliegenden Studie eine Form des Fragebogens gewählt, die nicht-standardisiert ist und somit eine ausreichende Offenheit für die Erhebung qualitativer Daten besitzt. Gleichzeitig ermöglicht ein qualitativer Fragebogen die Erhebung möglichst vieler, vergleichbarer Daten (DÖRING & BORTZ, 2016). Dabei kann ein Fragebogen als „eine mehr oder weniger standardisierte Zusammenstellung von Fragen, die [den] Personen zur Beantwortung vorgelegt werden“ (PORST, 1996, S. 738), definiert werden. Allerdings ist ein Fragebogen nicht nur die Aneinanderreihung von Fragen, sondern laut PORST (2014, S. 16) eine „theoretisch begründete und systematisch präsentierte Auswahl von Fragen, mit denen wir das zugrundeliegende theoretisch definierte Erkenntnisinteresse [...] prüfen“ können.

Gleichzeitig kann der hier erstellte Fragebogen auch zukünftig ohne großen Aufwand genutzt werden und ist somit flexibler im Einsatz als ein Interview (KALLUS, 2012). Zusätzlich erlauben es Fragebögen, nicht nur „in ökonomischer Form große Gruppen von Personen zu untersuchen“, sondern „auch systematische Wiederholungen von Befragungen vorzunehmen“ (KALLUS, 2012, S. 128). Ein Fragebogen ermöglicht die vergleichende Darstellung von Ergebnissen vor und nach einer Intervention. Außerdem werden durch das Ausfüllen eines Fragebogens externe Effekte minimal gehalten, sodass eine Anpassung der Antworten an mögliche Erwartungen des Forschenden verringert wird (SCHOLL, 2015). Ein weiterer Vorteil ist die Anonymität, die in Interviews häufig durch eine Face-to-face-Situation erschwert wird (ebd.). Außerdem kann der Befragte sich aussuchen, welche Fragen er zuerst beantworten möchte und für ihn schwierige Aufgaben ans Ende stellen. Längeres und ausgiebiges Nachdenken ist während des Ausfüllens eines Fragebogens weniger störend als während eines Interviews (KALLUS, 2012). Gleichzeitig können Ad-hoc-Antworten vermieden werden, da die Probanden eine überlegte Antwort formulieren können (ebd.).

Ein entscheidender Nachteil der Fragebogen-Methode ist die fehlende Möglichkeit für Nachfragen. Diese ist zum einen für den Befragten eingeschränkt, da dieser gehemmt ist, wenn eine Frage unklar ist. Zum anderen sind Rückfragen seitens des Forschenden aufgrund der Anonymisierung schwer möglich, zumal die Antworten erst später wahrgenommen werden (SCHOLL, 2015). Direkte Nachfragen wären in einem Interview einfacher, da diese spontan eingefügt werden könnten. Ebenso können tiefergreifende

und komplexe Zusammenhänge nur bedingt von Fragebögen erhoben werden (KALLUS, 2012). Zusätzlich benötigen die Probanden zum Ausfüllen eines Fragebogens ein gutes Text-Verständnis sowie die Motivation, auch in den Freitext-Aufgaben ausführlich zu antworten (KIRCHHOFF et al., 2010). In schriftlichen Bearbeitungen konzentrieren sich die Probanden dagegen häufig auf das Wesentliche und lassen unnötige Informationen aus (ebd.).

Obwohl die Fragebogen-Methode Nachteile aufweist und das Interview eine mögliche alternative Erhebungsmethode wäre, erscheint die Fragebogen-Methode durch ihre vergleichbaren Ergebnisse und die Möglichkeit zur Messwiederholung als geeignet für die Datenerhebung in dieser Interventionsstudie. Besonders der qualitative Fragebogen mit der Möglichkeit, offene Fragen zu stellen, um eine möglichst uneingeschränkte Darstellung von Merkmalsausprägungen zu zeigen (KALLUS, 2012), eignet sich für den Einsatz in dieser Studie. Um den Nachteilen dieser Methode entgegenzuwirken, erhalten die Probanden vor dem Ausfüllen des Fragebogens die Möglichkeit, Rückfragen zu stellen. Darüber hinaus dürfen die Schüler auch in Stichpunkten antworten, solange diese verständlich und nachvollziehbar sind. Dies ermöglicht den Schülern trotz eines geringeren Schreibaufwandes ausführliche Antworten.

Im Zuge der Qualitätssicherung versucht ein Fragebogen „den zu erfassenden Merkmalsbereich möglichst objektiv, zuverlässig und valide abzubilden“ (KALLUS, 2012, S. 15). Auch qualitative Fragebögen entsprechen diesen Gütekriterien zur Qualitätssicherung. Ferner ermöglicht die Objektivität eine von den Forschenden unabhängige Erhebung und Auswertung der Daten. In dieser Studie wurden zur Sicherung der Objektivität die Ergebnisse von einer zweiten Person ausgewertet und anschließend die Interrater-Reliabilität bestimmt. Außerdem wurde in der Kontrollgruppe sowohl der Prä- als auch der Post-Test aufgrund des parallel stattfindenden Unterrichts von einer anderen Person durchgeführt. Die Zuverlässigkeit oder Reliabilität des Fragebogens kann durch Messwiederholungen und Parallelmessungen geprüft werden. Bei einer solchen Überprüfung soll die Konsistenz der Antworten gezeigt werden (ebd.). Es werden zwar Vorstudien zur Testung des Fragebogens angestrebt, diese erfolgen mit anderen Stichproben. Bei Messwiederholungen spielt zusätzlich der Zeitabstand der Messungen zur Vermeidung von Gedächtniseffekten eine wichtige Rolle (KALLUS, 2012). Da die Stichproben jeweils nur für definierte Zeiträume zur Befragung zur Verfügung standen, wurde auf eine Messwiederholung zur Sicherung der Reliabilität verzichtet. Gleichzeitig ist zu befürchten, dass den Schülern ein mehrmaliges Ausfüllen der offenen Fragen redundant vorkäme. Das dritte Gütekriterium, die Validität, entspricht der Genauigkeit eines Testinstruments (PORST, 2014). Dies bedeutet, dass der Fragebogen „diejenigen Merkmale und Zustände abbilden [soll], die er zu messen vorgibt“ (KALLUS, 2012, S. 16). Da der Fragebogen ausschließlich die von VISSER (2014) erstellten Aufgaben enthält, wurde die Validität bereits vorab überprüft und gesichert. Zusammengefasst wird durch verschiedene Vorstudien die Qualität des Fragebogens gesichert, sodass dieser als valide und objektiv betrachtet werden kann. Die Reliabilität wird dabei theoretisch angenommen. Im Folgenden sollen die Aufgaben des Fragebogens näher vorgestellt werden.

4.2.2 Aufbau des qualitativen Fragebogens

Der Aufbau des Fragebogens orientiert sich an der von PORST (2014), KALLUS (2012) und KIRCHHOFF et al. (2010) vorgeschlagenen Struktur. Er gliedert sich demzufolge in ein Titelblatt, eine Einführung, den Hauptteil mit den Aufgaben und einen Schluss. Auf der Titelseite werden sowohl der Titel der Befragung als auch mögliche Ansprechpartner aufgelistet. Darüber hinaus wird ein Bild genutzt, um die Titelseite ansprechend zu gestalten (PORST, 2014).

In der Einführung werden die Schüler dazu aufgefordert, einen persönlichen Schlüssel zur Anonymisierung der Daten aufzustellen (vgl. Anhang, S. XI). Außerdem erhalten die Probanden eine Anleitung zum Ausfüllen des Hauptteils des Fragebogens, der sich in zwei Abschnitte gliedert.

Im ersten Abschnitt wird das für die Bewertung zugrundeliegende Dilemma vorgestellt. Dabei orientiert sich der inhaltliche Aufbau des Dilemmas an der Definition von REHFUSS (2003, S. 300):

„Alltagssprachlich steht Dilemma für eine missliche Lage oder Zwangslage, in der sich jemand befindet, wenn er zwischen zwei [oder mehr] Möglichkeiten zu wählen hat und beide zu einem unerwünschten Resultat führen.“

Dieses Dilemma bildet die Grundlage, auf der die Jugendlichen die Methode der Genom-Editierung bewerten sollen. Dabei wird der inhaltliche Fokus die Vorbeugung der familiären Leukämie mit Hilfe der Genom-Editierung gelegt (vgl. Kapitel 2.1). Das Dilemma wird im Folgenden dargestellt:

Paul (18 Jahre) und Marie (20 Jahre) sitzen zusammen am Frühstückstisch und haben gerade erfahren, dass Pauls Patentante Ulrike und ihr Mann Wilhelm eines der ersten Kinder in Deutschland zur Welt bringen wollen, das genetisch verändert wurde.

„Sie wussten ja auch lange nicht, ob sie überhaupt versuchen sollen, ein Kind zu bekommen. Denn sie hatten doch so große Sorgen, dass Wilhelm seine Leukämieveranlagung an ihr Kind weitervererbt. Schön, dass es nun auf diesem Wege doch klappen könnte“, sagt Paul.

Marie runzelt die Stirn: „Wie funktioniert so etwas denn überhaupt? Ich wusste gar nicht, dass das überhaupt möglich ist.“

„Das Ganze nennt sich Genom-Editierung“, antwortet Paul. „Zuerst wird eine Eizelle von Ulrike künstlich mit einer Samenzelle von Wilhelm befruchtet. Das Gen, was für die Leukämie verantwortlich ist, wird in einem zweiten Schritt aus der DNA des Embryos ausgeschnitten und durch ein neues Gen ersetzt. Dadurch ist die Wahrscheinlichkeit, an Leukämie zu erkranken, gering. Das Tollste ist, dass es auch für zukünftige Generationen gilt. Ulrike und Wilhelm brauchen sich also keine Sorgen mehr zu machen, dass sie ihre Leukämieveranlagung noch an ihre Enkelkinder weitervererben. Da bin ich echt froh, dass so etwas jetzt möglich ist.“

Marie ist nicht überzeugt: „Man verändert also die DNA eines Menschen in einer Petrischa-

le? So etwas kann man doch nicht machen!“

„Wieso denn nicht?“, antwortet Paul. „Man tut doch damit etwas Gutes, indem man den Ausbruch einer schweren Krankheit verhindert!“

Marie erwidert: „Wo soll das denn hinführen? Man darf doch nicht einfach eingreifen und einen Menschen verändern. Was wäre denn, wenn man mit der Genom-Editierung doch noch mehr verändert als man eigentlich geplant hat? Das weiß man doch alles gar nicht, ob man langfristig damit wirklich der Menschheit etwas Gutes tut. Nee, ich bin absolut gegen so etwas!“

Zur Bewertung des Dilemmas werden im zweiten Teil offene Fragen bzw. Aufgaben gestellt. Die Fragen des verwendeten Fragebogens lassen sich den Teilkompetenzen des Oldenburger Modells zuordnen, wobei nur die für die Fragestellungen relevanten Teilkompetenzen (*Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz, Beurteilen und Urteilen*) vorgestellt werden. Da sich die von VISSER (2014) erstellten Aufgaben als geeignetes Instrument für die Erhebung der Bewertungskompetenz herausgestellt haben, finden diese hier eine Anwendung.

Im Wesentlichen handelt es sich bei den hier genutzten Aufgaben um offene Fragen. Solche offenen Fragen geben keine Antwortkategorien vor, sodass die Probanden in ihren eigenen Worten antworten (PORST, 2014). Dabei stützt VISSER (2014, S. 119) sich auf den Grundsatz, dass ihre Aufgaben „so offen wie nötig und so geschlossen wie möglich“ sind, um eine eindeutige Interpretation der Aufgabenstellung seitens der Schüler zu ermöglichen. Zusätzlich geben KIRCHHOFF et al. (2010) zu bedenken, dass Fragebogen-Aufgaben möglichst kurz und verständlich formuliert werden sollten. Folgende Aufgaben wurden für die hier vorliegende Studie genutzt:

1. Welches moralische Problem liegt hier vor?

Die erste Frage erhebt die Teilkompetenz zum *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz*, indem sie explizit den moralischen Gehalt des Dilemmas thematisiert. Um die Schüler nicht zu lenken und eine freie Antwort zu ermöglichen, wurde eine offene Frage gewählt, die keine nähere Spezifizierung auf das Dilemma beinhaltet. So können durch diese Aufgabe unterschiedliche Niveaustufen der Schüler ermittelt werden. Darüber hinaus können die Schüler das moralische Problem unbeeinflusst darstellen. Außerdem ermöglicht dies einen möglichst uneingeschränkten Einblick in die Sichtweisen der Schüler (VISSER, 2014).

2. Welche ethischen Werte spielen in dieser Situation eine Rolle? Bitte begründen Sie Ihre Auswahl.

Die Teilkompetenz *Beurteilen* ist Bestandteil der zweiten Frage. Hier steht die Nennung und Begründung ethischer Werte im Vordergrund, die durch die keimbahnverändernde Genom-Editierung berührt werden. Alternativ schlägt VISSER (2014) für diese Aufga-

be die Nutzung eines Wertepools vor. Dieser zeigt unterschiedliche ethische Werte, die dann lediglich begründet werden müssten. Dennoch erscheint das offene Frageformat für „eine Differenzierung hinsichtlich der Niveaustufen“ (VISSER, 2014, S. 256) besser geeignet, wohingegen die Stärken der halboffenen Aufgabe „statt in der Diagnose in der Förderung der Bewertungskompetenz liegen, ermöglicht sie doch die vorstrukturierte normative Analyse eines Dilemmas“ (EBD., S. 256). Da zum einen die Niveaustufen der Teilkompetenz *Beurteilen* ermittelt und zum anderen ein unverfälschter Blick auf die für die Schüler relevanten ethischen Werte gegeben werden soll, erscheint die Wahl des offenen Frageformates passend.

3. Würden Sie sich für oder gegen die Genom-Editierung entscheiden? Bitte begründen Sie ihre Stellungnahme und berücksichtigen Sie mögliche Gegenargumente.

Eine weitere offene Frage erhebt die Teilkompetenz *Urteilen*, indem die Schüler eine begründete Stellungnahme abgeben. „Außerdem wurde ausdrücklich die Berücksichtigung von Gegenargumenten gefordert“ (VISSER, 2014, S. 124), um diese in die Stellungnahme zu integrieren. Wie schon im Forschungsstand erläutert, fällt es Jugendlichen häufig schwer, gegen die eigene Position zu argumentieren, weshalb eine explizite Forderung dessen notwendig erscheint (CHUNG et al., 2016; VISSER, 2014). So kann ebenfalls erhoben werden, ob Gegenargumente überhaupt erkannt werden. Auch in dieser Aufgabe ermöglicht das offene Antwortformat einen umfassenden, unverfälschten Blick auf die Urteile der Jugendlichen.

Der Schlussteil des Fragebogens erhebt demographische Angaben wie das Geschlecht und das Alter der Schüler. Außerdem wurde erhoben, an welchen Interventionen die Schüler teilgenommen haben. Diese Informationen wurden am Ende des Fragebogens abgefragt, da zum Ausfüllen dieser Daten keine kognitiven Fähigkeiten benötigt werden (TIEMANN & KÖRBS, 2014).

Ein genauerer Überblick zum Ablauf der Studie wird im nächsten Abschnitt gegeben.

4.3 Durchführung der Studie

Nach der Vorstellung der Stichprobe werden sowohl die didaktisch-methodischen Überlegungen zu den Interventionen als auch die durchgeführten Vorstudien dargestellt. Abschließend werden Besonderheiten während der Durchführung auch in Bezug auf die einzelnen Teilgruppen beschrieben.

4.3.1 Stichprobe

Dem Untersuchungsdesign folgend werden vier Versuchsgruppen erstellt. Dabei bedient sich die Studie zur Stichprobenziehung dem Konzept des **theoretical samplings**, das vorwiegend in qualitativen Studien genutzt wird. In diesem Sampling werden Probanden nicht zufällig, sondern aufgrund von theoretischen Vorüberlegungen ausgewählt (TIEMANN & KÖRBS, 2014). Darüber hinaus wird auf eine Randomisierung verzichtet und die Schüler bleiben in ihrem Klassenverband. So wird eine bessere Kooperation zwischen den Probanden in der Intervention ermöglicht. Die Vorüberlegungen für das Sampling werden folgend erläutert.

Aufgrund der Komplexität der Methode der Genom-Editierung, ist ein genetisches Grundlagenwissen der Schüler für die Bewertung dieser Methode von Nöten. Dies wird laut dem niedersächsischen Kerncurriculum in Klasse 10 gelegt und in Jahrgang 11 weiter ausgebaut (NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM, 2015). Aus diesem Grund sollten die Schüler in der Jahrgangsstufe 10 oder einem höheren Jahrgang sein. Zudem ist die Genom-Editierung nicht explizit Thema im Kerncurriculum des Biologieunterrichts, weshalb eine Jahrgangsstufe mit zeitlichen Spielräumen für Exkurse von Vorteil ist. In der Jahrgangsstufe 11 werden die Schüler noch nicht gezielt auf das Abitur vorbereitet, sondern befinden sich noch in der sogenannten Einführungsphase. Häufig gibt es in diesem Jahrgang Spielräume für Exkurse (HARMS et al., 2004), weshalb die Wahl der Probanden auf Schüler der 11. Klasse gefallen ist.

Alle Probanden waren somit Schüler der Jahrgangsstufe 11 eines niedersächsischen Gymnasiums. Dabei befanden sie sich im Alter zwischen 16 und 18 Jahren. Aufgrund der fehlenden Bereitschaft seitens der meisten Lehrkräfte die Interventionen im Biologieunterricht stattfinden zu lassen, wurden die Interventionen von drei Klassen im Religionsunterricht durchgeführt. Die vierte Klasse wurde im Biologieunterricht befragt. Da die Schüler ihr Abitur nach 13 Jahren anstreben, befinden sich sie noch im Klassenverband. Alle Klassen erhalten noch Biologieunterricht und haben in diesem Fach im Vorfeld Genetik als Thema behandelt. Es verfügen also alle Schüler über ein genetisches Grundlagenwissen. In einem Kurssystem, das in Klassenstufe 12 und 13 üblich ist, hätten einige Schüler keinen Biologieunterricht. Dies unterstreicht die Eignung der Jahrgangsstufe 11 für diese Studie.

Vor der Datenerhebung wurden alle Schüler, ihre Erziehungsberechtigten sowie die Schulleitung um die Erlaubnis der Teilnahme an der Studie gebeten. Insgesamt sollte die Studie mit ca. 90 Teilnehmern durchlaufen werden, allerdings wurde diese Zahl durch krankheitsbedingte Ausfälle drastisch auf insgesamt 32 Teilnehmende reduziert. Dies bedeutet eine Rücklaufquote der Fragebögen von ca. 35%. Dabei kam es im Anschluss an die Datenerhebung in Teilen zu einer Neusortierung der Probanden, da diese nur eine oder keine Intervention erhalten haben. Probanden, die entweder nur den Prä- oder nur den Post-Test beantwortet haben, bleiben in dieser Untersuchung unberücksichtigt. Bemühungen die Studie an der gleichen oder an anderen Schulen erneut durchzuführen,

um eine größere Stichprobe zu erhalten, blieben erfolglos. Die folgende Tabelle stellt sowohl die Ausgangslage als auch die resultierenden Probandenzahlen für die einzelnen Versuchsgruppen dar:

Tabelle 4.3: Anzahl der Probanden in den einzelnen Versuchsgruppen.

Gruppe	Gruppe Fachwissen und Bewertung (FBW)	Gruppe Bewertung (BW)	Gruppe Fachwissen (F)	Kontrollgruppe (K)
theoretische Anzahl der Probanden N	25	25	19	22
tatsächliche Anzahl der Probanden N	8	10	9	5

Weitere Besonderheiten während der Durchführung werden in einem gesonderten Abschnitt 4.3.4 dargestellt. Zunächst gilt es aber, die Interventionen didaktisch und methodisch zu analysieren und die Ergebnisse der Vorstudien zu dokumentieren.

4.3.2 Inhalte der Interventionen

Aus dem 2x2-faktoriellen Design lassen sich zwei Interventionen ableiten, die es nun vorzustellen gilt. Die dazugehörigen Kurzentwürfe befinden sich zusammen mit den verwendeten Unterrichtsmaterialien im Anhang (vgl. Anhang S. XVI ff.). Um den Schülern die Genom-Editierung im Biologieunterricht näherbringen zu können, benötigen diese genetisches Grundlagenwissen. Ohne ein Verständnis wesentlicher Begriffe, wie zur DNA und ihrer zentralen Rolle als Träger der Erbinformation, können die Schüler dem Unterricht nicht folgen. Dieses Wissen haben die Schüler im Vorfeld der Studie im Biologieunterricht erarbeitet.

Auf Grundlage dieses Wissens wird eine 90-minütige Intervention zum theoretischen Verstehen der Genom-Editierung und ihrer möglichen Anwendungsbereiche in der Gentherapie durchgeführt. Nachdem in der ersten Intervention die fachlichen Grundlagen der Genom-Editierung gelegt wurden, sollen diese in einer zweiten 90-minütigen Intervention ethisch bewertet werden. Dabei fokussiert diese Intervention exemplarisch die Bewertung der Keimbahntherapie. Beide Interventionen stellen sich den Anforderungen unabhängig voneinander durchgeführt werden zu können, um allen Versuchsgruppen das Gefühl einer vollständigen Intervention zu geben. Die zu erreichenden Lernziele und genauen Abläufe der Interventionen sind Inhalt der nächsten Unterkapitel.

4.3.2.1 Didaktisch-methodische Überlegungen zu der Genom-Editierung

Zu Beginn der Unterrichtsplanung müssen die Ziele formuliert werden, die im Unterricht erreicht werden sollen (HÄDER, 2010). Daraufhin kann die Intervention ausdifferenziert werden, wobei sich hier auf gängige Praktiken in der Biologiedidaktik bezogen wird. Dabei ist besonders bei schwierigen Themenbereichen eine didaktische Reduktion des Themas empfehlenswert (GROPENGIESSER & GEBHARD, 2018). Diese wird nachfolgend zusammen mit den Lernzielen und Arbeitsschritten der Intervention vorgestellt. Folgende Lernziele sollen in dieser Intervention erreicht werden:

Groblernziel:

Die Schüler erklären die Funktion von CRISPR/Cas9 bei der Genom-Editierung, indem sie sich ihren generellen Ablauf und theoretische Anwendungen im menschlichen Körper erarbeiten.

Feinlernziele:

Die Schüler ...

- beschreiben die Genom-Editierung und CRISPR/Cas9, indem sie fachliche Informationen aus einem Fließtext zusammenfassen.
- erklären den Ablauf einer Genom-Editierung, indem sie ein Fließdiagramm erstellen.
- erläutern den Unterschied zwischen somatischer Gentherapie und Keimbahntherapie, indem sie den Ablauf dieser Therapien vergleichen.

Zum Einstieg in die Unterrichtsstunde werden die Schüler gebeten, aufzuführen, ob und welche Merkmale sie am Menschen oder an sich selbst ändern wollen würden. Die gewählte offene Einstiegsform ermöglicht eine Aktivierung und Motivierung aller Schüler (MÜHLHAUSEN & WEGNER, 2006), sodass sich bei den Lernenden eine „gespannte Aufmerksamkeit für weitere Informationen und Schritte [sowie] eine [...] dem Thema öffnende Bereitschaft“ (GUDJONS, 2006, S. 55) ergibt. Aus diesem Einstieg lassen sich im Sinne eines problemorientierten Unterrichts zwei Fragestellungen ableiten:

1. *Wie kann man Merkmale an einem Menschen ändern?*
2. *Darf man Merkmale an einem Menschen verändern?*

Die erste Intervention bezieht sich auf die Frage nach dem „Wie“. Mit Hilfe dieser Fragestellungen wird der Unterrichtsverlauf für die Schüler transparent gestaltet (GROPENGIESSER, 2018).

Im Anschluss an die Problematisierung wird das genetische Vorwissen der Schüler mit Hilfe einer Grafik aktiviert, in welcher der Ablauf der Proteinbiosynthese dargestellt ist (vgl. Abb. 4.2). So gelingt eine inhaltliche Überleitung von den Merkmalen zur Merkmalsausprägung, um in der anschließenden Erarbeitungsphase die Fragestellung in

Bezug auf die Veränderung von Merkmalen zu beantworten.

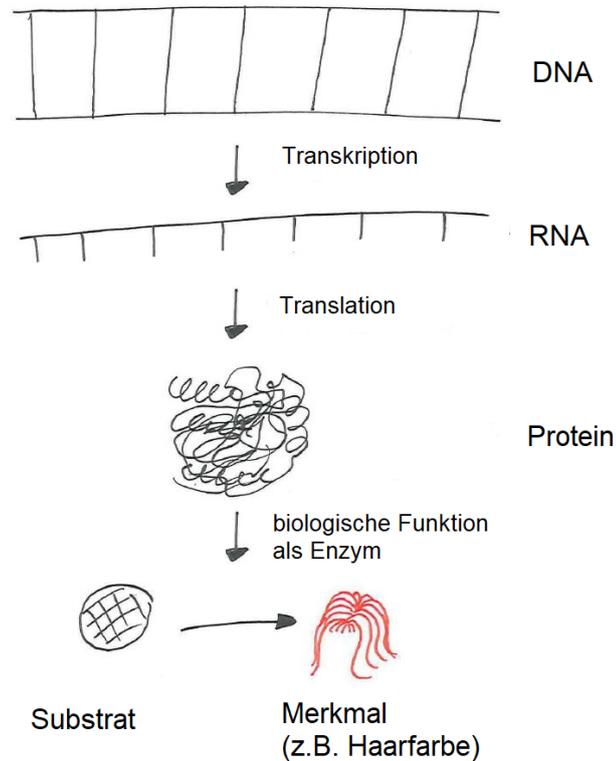


Abbildung 4.2: Vom Gen zum Merkmal: Grafik zur Aktivierung des genetischen Vorwissens (eigene Abbildung).

In dieser ersten längeren Arbeitsphase definieren die Schüler daraufhin die Begriffe Genom-Editierung und CRISPR/Cas9. Darüber hinaus wird der Ablauf der Genom-Editierung durch ein Fließdiagramm dargestellt. Zur Erstellung des Fließdiagramms (vgl. Abb. 4.3) nutzen die Schüler ein Arbeitsblatt mit grundlegenden Informationen zur Genom-Editierung. Dieses Arbeitsblatt stellt neben dem Ablauf der Genom-Editierung sowohl den Ursprung des CRISPR/Cas9-Systems als auch die beiden Entdeckerinnen Emanuelle Charpentier und Jennifer Doudna vor (vgl. S. XVII f.). Die Funktion des CRISPR/Cas9 als adaptives Immunsystem von Bakterien wird zur Vereinfachung ausgelassen. Bevor die somatische und keimbahnverändernde Gentherapie im zweiten Teil der Stunde vorgestellt werden, kommt es zu einer Zwischensicherung. In dieser wird das Fließdiagramm von den Schülern vorgestellt und mögliche Fragen zum Ablauf der Genom-Editierung gemeinsam geklärt. Hiermit ist die eingangs gestellte Fragestellung nach dieser Sicherung beantwortet. Um jedoch einen Anwendungsbezug zu ermöglichen, schließt sich eine weitere Erarbeitungsphase an.

4 Forschungsdesign und Methodik

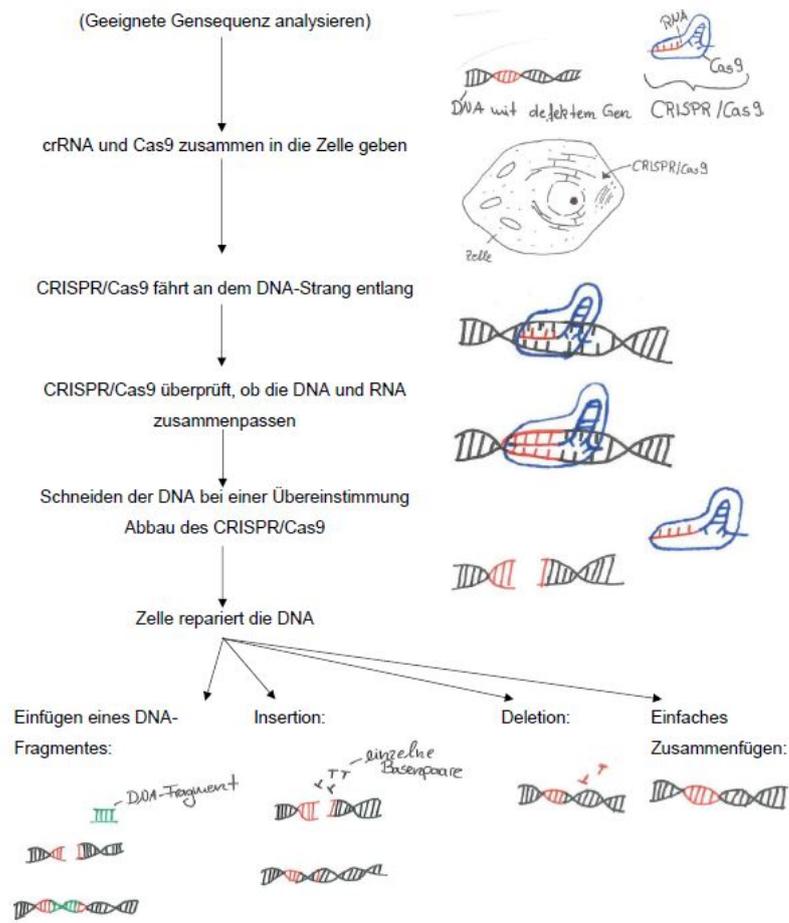


Abbildung 4.3: Geplantes Tafelbild sowie Musterlösung des Fließdiagramms aus der ersten Arbeitsphase (eigene Abbildung).

Aufbauend auf dem Ablauf der Genom-Editierung erläutern die Schüler im zweiten Teil der Stunde sowohl die somatische als auch die keimbahnverändernde Gentherapie. Hierzu wird die Familiäre Leukämie als Kontext genutzt. Auf diese Weise können gleichzeitig nähere Informationen zu dieser Krankheit gegeben werden, die auch im Dilemma des Fragebogens auftaucht. Mit Hilfe zweier fiktiver Infobroschüren zu dieser vererbba- ren Leukämieform werden die Lernenden über den Verlauf, die Ursachen und bisherige konservative Therapieformen (z.B. Chemotherapie) informiert. Als mögliche zukünftige Behandlungen schließen sich die somatische Gentherapie und Keimbahntherapie an (vgl. Abb. 2.5 & 2.6 aus Kapitel 2.1.2.2). Beide Therapieformen beschreiben und analysieren die Schüler in dieser Arbeitsphase. An dieser Stelle ist es wichtig, die Schüler zu informieren, dass die Genom-Editierung derzeit nicht zugelassen ist. Mit Hilfe dieser zweiten Erarbeitungsphase wird das zuvor erarbeitete Fachwissen auf ein neues Beispiel angewendet werden. Beim abschließenden Vergleich beider Therapieformen sollte u.a. die Vererbbarkeit des geänderten Merkmals infolge der Keimbahntherapie gezielt thematisiert werden, um das erlernte Fachwissen aus dieser Stunde zu vernetzen (KILLERMANN et al., 2016).

Zusammengefasst bietet die fachliche Intervention einen Überblick über die Genom-Editierung und CRISPR/Cas9. Zusätzlich erläutern die Schüler mögliche Anwendungen dieser Genom-Editierung in Form einer somatischen oder keimbahnverändernden Gentherapie. Im Anschluss an diese Stunde kann die zweite Intervention zum ethischen Bewerten folgen, um die zweite Fragestellung aus dieser Stunde aufzugreifen.

4.3.2.2 Didaktisch-methodische Überlegungen zum ethischen Bewerten

Für einen Einblick in diese Intervention werden ebenfalls zunächst die zu erreichenden Lernziele vorgestellt, um daraufhin den am 6-Schritt von Hößle (2001) orientierten Ansatz der Intervention darzustellen.

Groblernziel:

Die Schüler bewerten die Möglichkeiten einer keimbahnverändernden Genom-Editierung unter Berücksichtigung des Sechs-Schritts zur moralischen Urteilsbildung.

Feinlernziele:

Die Schüler ...

- nennen das moralische Problem der Genom-Editierung, indem sie die Problemsituation der Veränderung des Erbgutes von Embryonen aus einem Zeitungsartikel extrahieren.
- diskutieren Handlungsmöglichkeiten bezüglich der Genom-Editierung, indem sie Pro- und Contra-Argumente aufstellen.
- bewerten die Handlungsmöglichkeiten, indem sie die Argumente auf ihrer Werteebene analysieren.
- bilden ein eigenständiges und reflektiertes Urteil, indem sie ihnen wichtige Argumente abwägen.

Mit Hilfe der Sechs-Schritt-Methode wird die Genom-Editierung in der zweiten Intervention dahingehend bewertet, ob diese an Embryonen durchgeführt werden darf oder welche Grenzen festgelegt werden müssten. Zum Aufwerfen des Problems eignet sich eine reale Zeitungsschlagzeile, in der die Veränderung der DNA eines Embryos kritisch hinterfragt wird (Schritt 1). So kann neben einer Aktivierung und Motivierung gleichzeitig die (moralische) Relevanz des Themas verdeutlicht werden. Dieser erste Schritt ermöglicht neben einer Orientierung im Unterrichtsverlauf auch „die erste Voraussetzung für das Fällen eines reflektierten moralischen Urteils“ (HÖSSLE, 2001, S. 82). In einem zweiten Schritt formulieren die Schüler Handlungsmöglichkeiten. Diese werden auf einem tabellarisch vorstrukturierten Arbeitsblatt notiert. Dieses Arbeitsblatt beinhaltet alle Teilschritte der Unterrichtsstunde und bietet so am Ende einen Überblick über

alle gesammelten Argumente und Werte, um eine Entscheidung zu erleichtern (vgl. Anhang XXIV). Mögliche Handlungsalternativen können das vollständige Erlauben, Verbiehen oder teilweise Zulassen der Genom-Editierung nach bestimmten Kriterien sein (vgl. Kapitel 2.2.2). In einer anschließenden ersten Arbeitsphase sammeln die Schüler Pro- und Contra-Argumente (Schritt 3). Damit alle Schüler mitarbeiten und sich Gedanken zu möglichen Argumenten für und gegen jede der einzelnen Handlungsoptionen machen, erscheint ein kooperatives Lernarrangement sinnvoll (MATTES, 2011). Hier wird die Placemat-Methode gewählt, die durch ihren Think-Pair-Share Gedanken dazu geeignet ist, vielfältige Gesichtspunkte zu gewinnen und auszutauschen (ebd.). Zunächst formulieren die Schüler auf dem Placemat in Einzelarbeit die für sie jeweils wichtigsten Argumente zu jeder Handlungsoption. Im Anschluss daran lesen die Schüler sich die Argumente der anderen durch und diskutieren abschließend, welche der Argumente als Gruppenergebnis bestehen bleiben. Um die Einbindung der Schüler zu erhöhen, bringt jede Gruppe einige ihrer Argumente an die Tafel. Gleichzeitig können diese auf dem vorstrukturierten Arbeitsblatt ergänzt werden.

Im Anschluss an den Vergleich der Argumente wird den Schülern eine Definition ethischer Werte als Orientierungspunkte, auf die das Leben bewusst oder unbewusst ausgerichtet wird, vorgestellt. Mit Hilfe eines Wertepools (Tab. 4.4) ordnen die Schüler ihren Argumenten ethische Werte zu, um so den normativen Gehalt zu verdeutlichen. Dieser Wertepool ist laut VISSER (2014) zur Förderung der Bewertungskompetenz geeignet, da er eine strukturierte, normative Analyse ermöglicht. Dieses Bewerten der Argumente bildet den vierten Schritt des Unterrichts.

Tabelle 4.4: Mit Hilfe dieses Wertepools können die Schüler ihren Argumenten ethische Werte zuzuordnen.

Gerechtigkeit	Fortschritt	Wohlstand	Freiheit
Sicherheit	Gesundheit	Wahlfreiheit	Freundschaft
Liebe	Umweltschutz	Leidverringerung	Menschenwürde
Verantwortung	Glück	Ehrlichkeit	Fürsorge

Aufbauend auf diesem Schritt analysieren die Schüler ihre Argumente hinsichtlich normativer und deskriptiver Aussagen. Die Unterscheidung zwischen beschreibenden und normativen Aussagen fordern die Bildungsstandards als Teilkompetenz der Bewertung (KMK, 2005). Dafür werden aus den im dritten Schritt aufgestellten Argumenten in einer weiteren Erarbeitungsphase normative und deskriptive Aussagen gebildet. So erlernen die Schüler die Argumentationsform nach dem praktischen Syllogismus. Eine solche Analyse kann laut Cavagnetto (2010) ebenfalls zu einer Verbesserung der Bewertungskompetenz beitragen.

Am Ende der Unterrichtsstunde sollen die Schüler in einem fünften und sechsten Schritt ein eigenes unabhängiges Urteil über die Anwendung der Genom-Editierung an Embryonen bilden und mögliche Folgen und betroffene Personenkreise reflektieren. Dabei

liegt der Schwerpunkt nicht nur auf egozentrischen oder soziozentrischen Folgen, sondern auch gesellschaftliche Folgen werden berücksichtigt. Als Lernprodukt dieser Intervention haben die Schüler durch das ausgefüllte Arbeitsblatt eine Übersicht über ihren eigenen Bewertungsprozess. So kann dieser Prozess nicht nur transparent gestaltet, sondern auch für zukünftige Bewertungen genutzt werden (KILLERMANN et al., 2016).

Zusammengefasst erlernen die Schüler in dieser Intervention nicht nur ethisches Basiswissen, sondern auch die systematische Bewertung einer moralisch relevanten Situation. Beide Interventionen sowie der Fragebogen wurden in verschiedenen Vorstudien überprüft. Diese Vorstudien werden im folgenden Abschnitt dargestellt.

4.3.3 Vorstudien zur Qualitätssicherung der Ergebnisse

Nicht nur bei der Planung und Durchführung einer Intervention spielt eine Vorstudie eine wichtige Rolle, sondern auch bei der Konstruktion eines Fragebogens ist eine Testung unabdingbar (DÖRING & BORTZ, 2016; KALLUS, 2012; KIRCHHOFF et al., 2010; PORST, 2014). Gleichzeitig können Vorstudien die Objektivität, Validität und Reliabilität als Qualitätsmerkmale einer wissenschaftlichen Forschung bestätigen. Um alle Komponenten der vorgestellten Studie einschätzen zu können, sind folgende Vorstudien nacheinander durchgeführt worden:

1. Testung des Fragebogens an Studierenden ($N=20$)
2. Testung des Fragebogens an Schülern ($N=43$)
3. Testung der Kombination aus Fragebögen und Interventionen an Schülern ($N=23$)

In der ersten Testung des Fragebogens an Studierenden kam ein mündliches Feedback zum Einsatz. In diesem stellten die Studierenden offen ihre Probleme und Weiterentwicklungsvorschläge für den Fragebogen dar. Dies führte zur Veränderung des Dilemmas, das zuvor vielfältige, fachliche Informationen enthielt. Diese sollten eigentlich das Verständnis der Methode verbessern, hatten aber laut Aussage der Studierenden eher den gegenteiligen Effekt.

Im Anschluss wurde der Fragebogen an Schülern zweier 11. Klassen einer niedersächsischen Integrierten Gesamtschule getestet. Nach dem Durchlauf in der ersten Klasse wurden die Fragen, die sich zunächst noch explizit auf das Dilemma bezogen haben, verallgemeinert. Beispielsweise lautete die erste Frage nach dem moralischen Problem zunächst: Vor welchem moralischen Problem stehen Ulrike und ihr Mann Wilhelm?

Diese explizite Berücksichtigung der Personen aus dem Dilemma grenzte die Antworten der Schüler ein, sodass kein Schüler über die Niveaustufe I in der *Wahrnehmung und Bewusstmachung der moralischen Relevanz* hinausging. Durch diese Vorstudie wurde zusätzlich deutlich, dass die Klassen ein unterschiedliches Vorwissen im Bereich Ethik haben. Aus diesem Grund wurden für die Interventionen Definitionen grundlegender ethischer

Begriffe wie beispielsweise „ethische Werte“ integriert. Am Ende der Testungen der Fragebögen stellte dieser sich laut der Schüler als verständlich, interessant und zu bewerkstelligen heraus. Zusätzlich ließen sich mit Hilfe der vorab erstellten deduktiven Kategorien unterschiedliche Niveaustufen feststellen. Somit handelt es sich um einen validen Fragebogen, da dieser die Merkmale erfasst, die er zu erfassen beansprucht (KALLUS, 2012).

Nach der Testung der Intervention konnte teilweise eine Verbesserung der Niveaustufen festgestellt werden. Probleme hatten die Schüler bei der Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz*. Die Verbesserung dieser Teilkompetenzen zeigte nur eine geringe Effektstärke, wohingegen die Teilkompetenzen *Urteilen* und *Beurteilen* signifikant mit mittleren bis großen Effektstärken verbessert wurden (HEINISCH et al., 2018). Als Schlussfolgerung aus dieser Vorstudie wurde die Phase der Bewusstmachung der moralischen Relevanz im Unterricht ausgeweitet. Eine zusätzliche Think-Pair-Share-Phase ermöglicht an dieser Stelle eine intensivere Auseinandersetzung mit der moralischen Relevanz (MATTES, 2011).

4.3.4 Besonderheiten während der Durchführung

Die Studie fand im Februar und März 2018 im Zeitraum von fünf Wochen statt. Zum Ausfüllen der Fragebögen benötigten die Schüler jeweils zwischen 20-45 Minuten, weshalb diese in den Unterrichtsstunden vor und nach den Interventionen ausgefüllt wurden. So standen für die Interventionen zusammenhängende 90-minütige Unterrichtsstunden zur Verfügung. Um genauer auf die Herausforderungen während der Durchführung eingehen zu können, werden alle Versuchsgruppen einzeln vorgestellt.

Gruppe Fachwissen und Bewertung

Wie schon in der Beschreibung der Stichprobe zu sehen ist, handelt es sich bei der Gruppe **Fachwissen und Bewertung** (kurz: **FBW**), welche die beide Interventionen erhielt, um eine kleine Klasse mit 25 Schülern. Eine weitere Besonderheit ist, dass die Klasse aus 24 Schülerinnen und nur einem Schüler besteht. Beim Ausfüllen der Fragebögen ergaben sich keine Probleme oder Unklarheiten. Insgesamt waren die Schüler während der Intervention freundlich und aufgeschlossen, wenn auch zurückhaltend in der mündlichen Teilnahme. Dies hatte zur Folge, dass die Gruppenarbeitsphasen und auch die Plenumsphasen deutlich mehr Zeit einnahmen, als dafür veranschlagt waren. Trotz des spontanen Einfügens mehrerer Phasen, in denen sich die Schüler vor der Besprechung im Plenum noch einmal mit ihrem Sitznachbarn austauschen konnten, wurden alle Lernziele erreicht.

Gruppe Bewertung

Die Gruppe **Bewertung** (kurz: **BW**), die nur die Intervention zur Bewertung der Genom-Editierung erhielt, stellte sich komplett anders dar. Beim Ausfüllen der Fragebögen musste immer wieder für Ruhe gesorgt werden, da die Schüler zwischenzeitlich dem Bedürfnis eines Austausches mit den Sitznachbarn nachgehen wollten. Die Lerngruppe war insgesamt sehr wissbegierig und hat in allen Phasen der Intervention überdurchschnittlich gut mitgearbeitet. Insgesamt ermöglichte das gute Verhältnis zwischen den Schülern gewinnbringende Diskussionen. Die Intervention lief insgesamt nach Plan. Der abschließende Post-Test musste um eine Woche nach hinten verschoben werden, da bei einem ersten Anlauf nur vier Schüler zu diesem erschienen. Dies liegt an einer Grippe-epidemie, die zeitweise bis zu 60% der gesamten Schülerschaft des Gymnasiums betroffen hatte.

Gruppe Fachwissen

Die Gruppe **Fachwissen** (kurz: **F**), die nur die fachwissenschaftliche Intervention erhielt, wurde im Biologieunterricht befragt. Während des Prä-Tests weigerte sich zunächst eine Tischreihe mit sechs Schülern an der Befragung teilzunehmen. Auf Nachfrage stellte sich heraus, dass ein Schüler keine Erlaubnis für die Teilnahme an der Studie hatte, weshalb dieser seinen Fragebogen behalten durfte. Alle weiteren Schüler haben dann verspätet mit dem Fragebogen begonnen. Dieselben Schüler brachten ihre Fragebögen nach wenigen Minuten nach vorne und hatten nur die Hälfte der Aufgaben bearbeitet. Eine Überforderung durch den Fragebogen haben sie selbst ausgeschlossen, sodass die mangelnde Bearbeitung durch eine mangelnde Motivation zu erklären ist. Alle weiteren Schüler haben den Fragebogen problemlos ausgefüllt.

Während der Durchführung der Intervention stellte sich heraus, dass die Schüler, anders als von der Lehrkraft angegeben, nur wenig genetisches Grundwissen hatten. Aus diesem Grund wurde die Grafik zur Aktivierung des genetischen Vorwissen zunächst ausführlicher besprochen. Dies führte am Ende der 90 Minuten zu einer verkürzten Vergleichsphase der somatischen und keimbahnverändernden Gentherapie. Dennoch konnten alle Lernziele erreicht werden. Die Motivation der Schüler war aufgrund der Überforderung zu Beginn der Stunde und der vorangegangenen Schwierigkeiten im Prä-Test gering. Dies wirkte sich ebenfalls negativ auf die Arbeitsbereitschaft der Schüler in der Intervention aus. Der Post-Test musste wie in der Gruppe Bewertung verschoben werden, da die Lehrkraft des Kurses erkrankt war und es so keine Möglichkeit gab, den Test durchzuführen.

Kontrollgruppe

Der Unterricht der **Kontrollgruppe** (kurz: **K**) fand zeitgleich zu dem der Gruppe Bewertung statt. Aus diesem Grund wurden die Fragebögen von einer Hilfskraft ausgeteilt und wieder eingesammelt. Beim ersten Ausfüllen der Fragebögen haben die Schüler sich viel Zeit gelassen. Es ergaben sich dabei keine Schwierigkeiten. In den darauffolgenden Stunden ließ die Lehrkraft keine Hospitation zu. Aus diesem Grund können keine Anga-

ben zu dem zwischenzeitlich stattgefundenen Unterricht gemacht werden. Die Lehrkraft erklärte aber, dass sie die „Macht Gottes“ thematisieren wollte. Beim Post-Test haben einige Schüler sich herausgeredet und wollten den Test nicht noch einmal beantworten. Dies führte neben den Krankheitsfällen zu einer Dezimierung der Probandenzahl.

Zusammengefasst konnten die Interventionen sowie die Befragungen planmäßig durchgeführt werden. Aufgrund von hohen Krankheitszahlen im Zeitraum der Studie verringerte sich die Anzahl der rückläufigen Fragebögen. Außerdem haben einige Schüler nur eine oder keine Intervention erhalten, weshalb die Gruppenzuordnungen der Schüler teilweise umsortiert wurden.

Im nächsten Abschnitt wird ein Einblick in die Auswertung der in der Studie gewonnenen Ergebnisse gegeben.

4.4 Auswertung der Ergebnisse

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgt anhand der **qualitativen Inhaltsanalyse** nach MAYRING (2015). Bevor die qualitative Inhaltsanalyse als Methode beschrieben wird, gilt es, die Datenaufbereitung darzustellen. Nach der Begründung der Auswertungsmethode schließt sich eine Beschreibung der Arbeitsschritte der qualitativen Inhaltsanalyse an. Zusätzlich werden die induktive und deduktive Kategorienbildung und das deduktive Kategoriensystem zu den abgefragten Teilkompetenzen der Bewertungskompetenz vorgestellt.

4.4.1 Datenaufbereitung

Nach der Erhebung der Daten wurden diese für die Auswertung aufbereitet. Dazu wurden die Fragebögen zunächst digitalisiert und transkribiert. Im Zuge der Transkription wurde der genaue Wortlaut der Schüler aus den Fragebögen übernommen. Aufgrund der schon in Textform vorliegenden Daten wird auf eine generelle Redigierung verzichtet. Eine Redigierung mit den vier Schritten des Selegierens, Auslassens von Füllwörtern, des Transformierens und Paraphrasierens soll zu einer besseren Lesbarkeit und einem besseren Verständnis der Schülerzitate führen (GROPENGISSER, 2005). Darüber hinaus wird bei der Redigierung auch zwischen bedeutsamen und weniger bedeutsamen Aussagen unterschieden, damit „sich die redigierten Aussagen pointierter lesen“ (ebd. S. 179) lassen und an Klarheit und Deutlichkeit gewinnen. Aus diesen Gründen wird eine Redigierung nur für Ankerzitate und Beispielzitate angestrebt. So kann die Lesbarkeit der Antworten der Schüler gefördert werden, da diese teilweise in groben Stichworten geantwortet haben. Im Zuge der direkten Analyse des Textmaterials beugt das Auslas-

sen des Redigierens allerdings einer Fehlinterpretation und Verfälschung der Aussagen vor (DÖRING & BORTZ, 2016; KRÜGER & RIEMEIER, 2014), sodass keine grundsätzliche Redigierung angewendet wird.

Ein weiterer Schritt der Datenaufbereitung ist die Vergabe von fiktiven Namen an die Schüler. Solche Pseudonyme vereinfachen das Lesen und das Erkennen des Geschlechts des Probanden. Diese werden zusammen mit dem Alter der Schüler hinter direkten Zitaten aus ihren Fragebögen angegeben. Eine Liste mit den Pseudonymen und den zugehörigen, personalisierten Schlüsseln befindet sich im Anhang (vgl. S. XXVII f.).

Zur Unterstützung der Datenauswertung wurde die Software MAXQDA verwendet, die eine computergestützte qualitative Daten- und Textanalyse ermöglicht (KUCKARTZ, 2010). Anschließend wurden die Daten mit Hilfe des Tabellenkalkulationsprogramms Excel für quantifizierende Darstellungen aufbereitet und zusammengefasst. Auf eine weitere statistische Auswertung durch Zusammenhangsanalysen oder Signifikanztests wird aufgrund der geringen Anzahl an Teilnehmern verzichtet, sodass die Auswertung hauptsächlich qualitativ stattfindet.

Die Berechnung der Interrater-Reliabilität für den hier vorliegenden Datensatz wurde von einer wissenschaftlichen Hilfskraft durchgeführt. Dabei verwendete diese sowohl die gewonnenen Daten aus der hier vorliegenden Studie als auch das deduktive Kategoriensystem, das eine systematische Auswertung der Fragebögen ermöglichte. Mit einer Interrater-Reliabilität von $\alpha=0.901$ ist die Übereinstimmung der Messergebnisse sehr hoch. Die Objektivität der Datenauswertung ist somit bestätigt, da die Auswertung und Interpretation der Daten unabhängig dem Untersuchungsleiter ähnlich ausfallen (KALLUS, 2012).

4.4.2 Die Datenauswertung mittels qualitativer Inhaltsanalyse

Allgemein stellt sich die qualitative Inhaltsanalyse als eine „Auswertungsmethode dar, die Texte bearbeitet, welche im Rahmen sozialwissenschaftlicher Forschungsprojekte in der Datenerhebung anfallen“ (MAYRING & FENZL, 2014, S. 543). Dabei geht es vor allem darum, systematisch und intersubjektiv nachvollziehbar Inhalte zu beschreiben und zu interpretieren (FRÜH, 2017). Durch die regelgeleitete Auswertung mit bestimmten Analyseschritten und Analyseregeln während der qualitativen Inhaltsanalyse werden rekonstruierbare Ergebnisse erhalten (KRÜGER & RIEMEIER, 2014). Eine besondere Eignung hat die Inhaltsanalyse vor allem für offene, deskriptive und interpretative Studien, um sowohl die relevanten Einzelfaktoren als auch eine „Konstruktion von möglichen Zusammenhängen dieser Faktoren“ (MAYRING, 2015, S. 22) zu erreichen. Zum Erlangen einer solchen Interpretation folgt die qualitative Inhaltsanalyse mehreren Grundprinzipien (MAYRING & FENZL, 2014):

- Um über eine einfache Textanalyse hinauszugehen, müssen auch die Hintergründe der Entstehung der Texte berücksichtigt werden. In dieser Studie geben die Fragebogentranskripte Aufschluss über die Bewertungskompetenz und auch die Bewertungskriterien der Jugendlichen.
- Eine qualitative Inhaltsanalyse „geht streng regelgeleitet vor, statt ‚freie‘ Interpretationen zu kreieren“ (MAYRING & FENZL, 2014, S. 546).
- Für diese regelgeleitete Auswertung kommt es zu einer Zuordnung von Kategorien zu konkreten Textstellen. Dabei können diese Kategorien „entweder induktiv am Material entwickelt oder deduktiv vorab aufgestellt“ (MAYRING & FENZL, 2014, S. 546) werden. In dieser Studie werden beide Verfahren nacheinander angewendet, um ein möglichst umfassendes Bild über die Bewertung der Genom-Editierung zu erhalten.
- Durch eine Definition, welche Einheiten ausgewertet und analysiert werden, können die inhaltsanalytischen Gütekriterien eingehalten werden. Für diese Studie werden die gesamten Fragebögen ausgewertet, um zu verhindern, dass Antworten zu den Teilkompetenzen übersehen werden. Denn es ist durchaus möglich, dass auch noch während des Urteils die moralische Relevanz stärker differenziert wird.
- Zuletzt stellen die Gütekriterien selbst ein Grundprinzip dar. Durch die Intrakoderübereinstimmung wird „bestimmt, dass nach Abschluss der Analyse noch einmal von Beginn an ausgewertet wird, ohne die vorher zugeordneten Kategorisierungen anzusehen“ (MAYRING & FENZL, 2014, S. 546). Dies kann zusammen mit der Interkoderübereinstimmung ein Indikator für die Reliabilität des Vorgehens darstellen. In der Interkoderübereinstimmung wird ein zweiter Kodierer herangezogen, so dass die Objektivität gewährleistet wird. Beide Verfahren wurden in dieser Studie angewendet.

Generell können nach MAYRING (2015) drei unterschiedliche Typen von Inhaltsanalysen definiert werden. Während der *zusammenfassenden qualitativen Inhaltsanalyse* werden die wesentlichen Inhalte des Materials reduziert, sodass ein überschaubares Bild des Grundmaterials entsteht (DÖRING & BORTZ, 2016). Dabei kommt es ausgehend vom Material zu einer induktiven Kategorienbildung. Eine zweite Möglichkeit besteht in der *explorativen qualitativen Inhaltsanalyse*. Ziel dieser Analyse ist es, „einzelne unklare Textstellen zum Gegenstand“ (MAYRING & FENZL, 2014, S. 547) zu machen. Dabei kommt es zu einer über den Text hinausgehenden, kontextbasierten Analyse des Grundmaterials. Aufgrund der starken Fokussierung auf unklare Textstellen findet diese Inhaltsanalyse keine Berücksichtigung in dieser Arbeit. Die *strukturierende qualitative Inhaltsanalyse* nutzt ein vorgefertigtes Kategoriensystem, das vor einer Untersuchung aus der Theorie abgeleitet wird. So kann unter anderem „eine Skalierung [... bestimmter] Dimensionen angestrebt

werden“ (MAYRING, 2016, S. 118). Sowohl die *zusammenfassende* als auch die *strukturierende qualitative Inhaltsanalyse* finden in der Auswertung dieser Studie eine Anwendung, da durch diese die Ergebnisse der Studie zusammengefasst und die Niveaustufen zu den Teilkompetenzen dargestellt werden können.

Ein alternatives qualitatives Auswertungsverfahren wäre die dokumentarische Methode, die eher implizite Strukturen in einem Material analysiert (BOHNSACK, 2010). Besonders geeignet ist die dokumentarische Methode für die Auswertung von Gruppendiskussionen. Allein schon aus diesem Grund ist die Anwendung dieser Methode zur Auswertung von Fragebögen wenig zielführend. Zwar könnten tiefere Einblicke in den Bewertungsprozess generiert werden, doch doch der Prozess des Bewertens soll weniger im Mittelpunkt stehen als die Bewertung an sich. Gleichzeitig ermöglicht die qualitative Inhaltsanalyse die Ermittlung quantifizierbarer Ergebnisse, die den Vergleich zwischen den Versuchsgruppen vereinfacht.

Zusammenfassend stellt die qualitative Inhaltsanalyse mit ihrer Möglichkeit der induktiven und deduktiven Kategorienbildung eine geeignete Methode dar, um komplexe und latente Inhalte von Dokumenten aufzudecken (DÖRING & BORTZ, 2016). Besondere Anwendung findet sie außerdem in systematischen und theoriegeleiteten Auswertungen, wobei „auch große Mengen zu bewältigen sind“ (MAYRING, 2016, S. 121). Somit eignet sich die qualitative Inhaltsanalyse für die hier vorliegende Forschung im besonderen Maße. Die genauen Vorgänge der induktiven und deduktiven Kategorienbildung werden im Folgenden vorgestellt.

4.4.3 Induktive Kategorienbildung

Das induktive Kategoriensystem wird mit Hilfe der zusammenfassenden Inhaltsanalyse durch offenes Kodieren erhalten. Um ein solches offenes Kodieren zu gewährleisten, ist ein schrittweises bzw. zeilenweises Vorgehen wichtig (MAYRING, 2016). Dazu ist die Festlegung des Selektionskriteriums für die Kategorienbildung grundlegend und sollte während der Analyse immer wieder überprüft werden (vgl. Abb. 4.4). In der hier vorliegenden Studie stellen die Bewertungskriterien, welche die Schüler zur Bewertung der Genom-Editierung nutzen, dieses Selektionskriterium dar. Eine zeilenweise Durcharbeitung des Materials führt auf Grundlage des Selektionskriteriums zur Kategorienbildung. Diese Kategorien werden mit einem Begriff oder einem Satz gekennzeichnet, um eine möglichst genaue Kategorienbezeichnung abzubilden. Im Laufe der Analyse gefundene Stellen, die zu dieser Kategorie gehören, werden ebendieser zugeordnet. Dabei können sich verschieden ausdifferenzierte Unterkategorien bilden. Neue Kategorien bilden sich immer dann, wenn die Textstelle zu keiner der vorherigen Kategorien passt, aber trotzdem dem Selektionskriterium entspricht (MAYRING, 2016).

Eine erste Überarbeitung des Kategoriensystems geschieht nach einem ersten Teildurchlauf des Materials. Sobald kaum neue Kategorien gebildet werden können, werden die

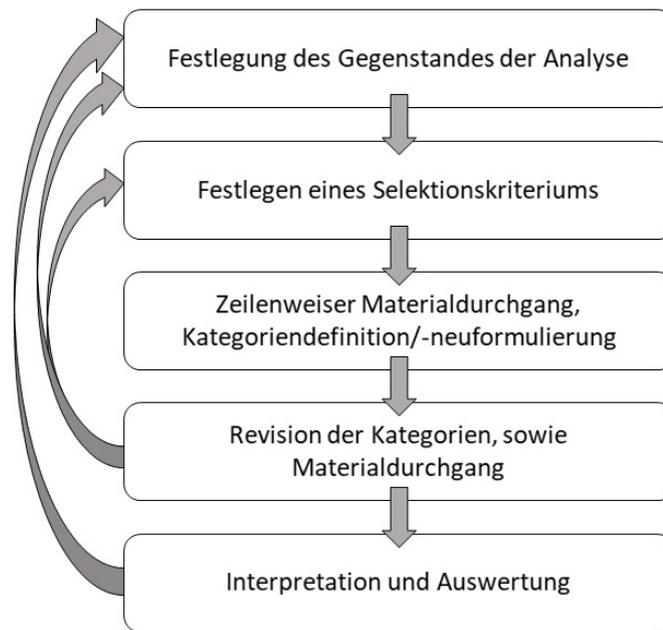


Abbildung 4.4: Ablaufmodell induktiver Kategorienbildung nach MAYRING (2016).

einzelnen Kategorien neu sortiert und zusammengefasst. Das so zusammengefasste Kategoriensystem wird für einen weiteren Materialdurchlauf genutzt und gegebenenfalls erweitert. Die Auswertung dieses Kategoriensystems erfolgt dann interpretativ, um Bezüge zur Fragestellung und den dahinter liegenden Theorien zu ermöglichen (ebd.).

Die induktive Kategorienbildung soll in dieser Studie verwendet werden, um genauere Einblicke in die Inhalte der Bewertungen der Jugendlichen zu erhalten. Dabei sind die Niveaustufen irrelevant, da es in diesem Teil der Auswertung um die Darstellung der genannten ethischen Werte, normativen Aspekte und anderen zur Bewertung herangezogenen Inhalte geht. Dabei wird aufgrund der Aufteilung der Probanden in unterschiedliche Versuchsgruppen kein zusammenhängendes Kategoriensystem gebildet und vorgestellt. Vielmehr sollen die gebildeten Kategorien innerhalb der Teilkompetenzen aufgezeigt und zusammengefasst werden. Aus diesem Grund werden diese am Ende der Ergebnisdarstellung aufgezeigt.

Die Ermittlung der Niveaustufen geschieht mit Hilfe eines deduktiven Kategoriensystems, das im Folgenden vorgestellt wird.

4.4.4 Deduktive Kategorienbildung

Im Gegensatz zur induktiven Kategorienbildung entstammen deduktive Kategorien aus der Theorie und werden vor der Auswertung festgelegt. Um eine eindeutige Zuordnung von Textmaterial zu ermöglichen, wird während der strukturierenden Inhaltsanalyse ein

dreischnittiges Verfahren angewendet (MAYRING & FENZL, 2014):

1. Zunächst werden die Kategorien aus der Theorie gebildet und definiert.
2. Durch die Festlegung von Ankerbeispielen können konkrete Beispiele für die Kategorien dargestellt werden.
3. Zur Vermeidung von Abgrenzungsproblemen ermöglichen Kodierregeln eine eindeutige Zuordnung.

Nachdem ein Kodierleitfaden anhand der oben aufgeführten Schritte erstellt wurde, wird das Textmaterial mehrmals durchlaufen. So werden Textstellen zum einen den Kategorien zugeordnet und zum anderen strukturiert und herausgefiltert (vgl. Abb. 4.5). Am Ende der Analyse steht immer auch noch einmal eine Revision der Kategorien und somit auch ein Neudurchlauf des Materials (MAYRING, 2015).

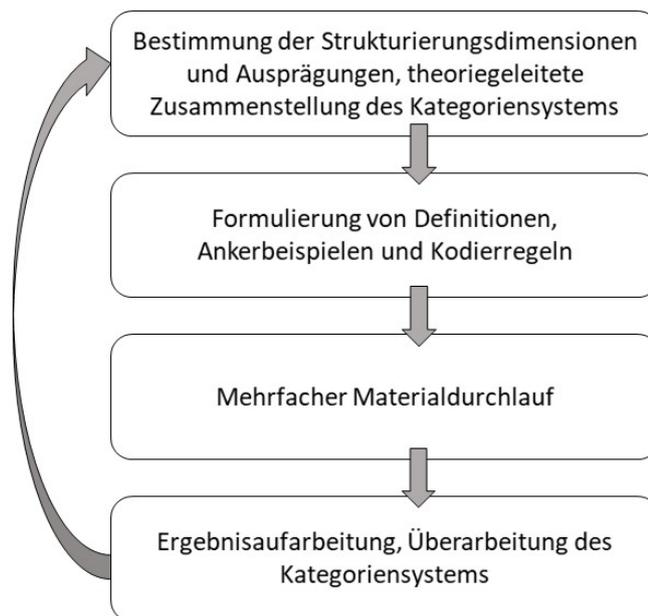


Abbildung 4.5: Ablaufmodell der deduktiven Kategorienbildung nach MAYRING (2015).

Für die hier vorliegende Forschung werden anhand der Arbeiten von REITSCHERT et al. (2007), MITTELSTEN SCHEID (2008), REITSCHERT (2009), ALFS et al. (2011) und VISSER (2014) für die erhobenen Teilkompetenzen *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz*, *Beurteilen* und *Urteilen* deduktive Kategorien entwickelt, die ebenfalls die Ergebnisse der Vorstudien berücksichtigen (vgl. Kapitel 2.3.3.1). Bei der Zuteilung der Niveaustufen wird der Annahme von REITSCHERT et al. (2007) gefolgt, dass ein einmal erreichtes Niveau auch dem Kompetenzniveau des Schülers entspricht.

Das Kategoriensystem und Bewertungsraster werden auf den kommenden Seiten vorgestellt (vgl. Tab. 4.5- 4.7). Die Ankerzitate stammen aus den Vorstudien.

Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz

Tabelle 4.5: Deduktive Kategorien der Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz*.

Niveau	Ausdifferenzierung (REITSCHERT, 2009)	Erläuterung (ALFS et al., 2011; REITSCHERT, 2009; VISSER, 2014)	Ankerzitat
I	Intuitive deskriptive Problemwahrnehmung	Das moralische Problem nach der Vertretbarkeit des Einsatzes oder des Verzichts der Keimbahntherapie werden nicht erkannt und es wird nur eine intuitive Gefühlsregung beschrieben oder der Inhalt des Dilemmas zusammengefasst.	<i>„Eine Verwandte von Paul und Marie, die an Leukämie erkrankt ist, möchte ein Kind zu Welt bringen, das gentechnisch verändert wurde. Die Genom-Editierung verändert dabei die DNA des Menschen.“</i>
II	Deskriptive Problemwahrnehmung mit konsistenter Begründung	Ein Aspekt der moralisch relevanten Situation wird erkannt und als moralisch relevant dargestellt und konsistent begründet. Es gelingt keine Erweiterung des Kontextes oder eine Verallgemeinerung.	<i>„Das moralische Problem ist die Frage, ob es in Ordnung ist, die Genetik eines Menschen zu verändern, um einen Menschen vor einer Krankheit zu bewahren.“</i>
III	Umfassende Begründung der moralischen Relevanz unter Berücksichtigung von ethischen Werten oder Wertekonflikten	Die Wahrnehmung der an dem moralischen Konflikt beteiligten Werte (implizit/explicit) und die moralische Relevanz für die Gesellschaft werden objektiv dargestellt. Die übergeordnete ethische Frage nach der Vertretbarkeit einer Handlung kann abstrakt dargestellt werden. Durch die Modalverben „sollen“ und „dürfen“ wird eine Abwägung der Handlungsoptionen erkennbar.	<i>„Für einen religiösen Menschen ist die Sache wahrscheinlich eindeutig. Er sieht hier ein Eingreifen in Gottes Werk und er würde die Genom-Editierung verhindern. Andere sehen einen zu großen Eingriff in die Natur und ihre natürliche Selektion. Dagegen spricht auch, dass es durch eine Ausrottung dieser Krankheiten schneller zu einer Überbevölkerung der Welt kommen könnte. Aber dafür spricht, dass man jegliches menschliche Leid verhindern sollte.“</i>

Beurteilen

Tabelle 4.6: Deduktive Kategorien der Teilkompetenz Beurteilen.

Niveau	Ausdifferenzierung (MITTELSTEN SCHEID, 2008)	Erläuterung (ALFS et al., 2011; MITTELSTEN SCHEID, 2008)	Ankerzitat
I	(Implizites) Nennen eines ethischen Werts	Lediglich ein Wert wird hinter dem moralisch-ethischen Problem gesehen und nicht näher begründet. Teilweise kann eine Begründung auch nicht nachvollziehbar ausfallen.	<i>„Die Gesundheit spielt eine große Rolle.“</i>
II	(Implizite) einfache Begründung eines oder mehrerer Werte	Die begründete Zuordnung mehrerer Werte wird vorgenommen. Es wird kein Wertekonflikt erkannt. Die Begründung ist nachvollziehbar.	<i>„In dieser Situation spielen vor allem Gesundheit und die Erhaltung der Lebensqualität des Kindes eine Rolle. Auch Liebe und Fürsorge werden berührt, da die Mutter möchte, dass ihr Kind ein normales Leben führen kann.“</i>
III	Explizite Begründung eines oder mehrerer Werte mit Darstellung eines Wertekonfliktes	Sowohl die Wahrung als auch die Missachtung eines Werts werden im Dilemma als wichtig erkannt. Dieser Wert wird für gegensätzliche Argumente verwendet, wodurch der Konflikt deutlich wird. Teilweise werden auch Konflikte zwischen zwei Werten dargestellt.	<i>„Es spricht gegen die Vernunft, einfach Gene zu modifizieren, da man in einen biologischen Verlauf eines Lebewesens eingreift. Außerdem redet man hier von einer Veränderung bei der Entstehung eines Menschen, ohne zu wissen, was das Beste für ihn ist. Der betroffene Mensch hat selbst nicht die geringste Möglichkeit, sich dazu zu äußern, geschweige denn sich zu wehren. Es könnte zwar das Leid eines Menschen gelindert werden, aber durch die Genom-Editierung könnte auch neues Leid geschaffen werden.“</i>

Urteilen

Tabelle 4.7: Deduktive Kategorien der Teilkompetenz Urteilen.

Niveau	Ausdifferenzierung (REITSCHERT, 2009)	Erläuterung (REITSCHERT, 2009; VISSER, 2014)	Ankerzitat
I	Nennen des eigenen Urteils	Die Bezugnahmen sind nicht von moralischen Bedenken oder Einwänden getragen, sondern von rationaler Abwägung, von Fehlschlüssen und/oder von eigenen Bedürfnissen.	<i>„Ich würde mich für die Genom-Editierung entscheiden, weil ich ein gesundes Kind haben wollte. Das wäre doch nur positiv, wenn es aufgrund der Genom-Editierung gesund wäre.“</i>
II	Einfache Begründung des eigenen Urteils mit implizitem Wertebezug	Bezugnahme auf lückenhaft erfasste ethische Werte: Der Wert wird implizit genannt. Gefühlsbetonte Wertung; die Äußerungen bleiben auf einer wertenden Gefühlsebene ohne moralische Rechtfertigung.	<i>„Ich würde mich für die Genom-Editierung entscheiden, wenn dieser Erfolg verspricht. Die Angst, ob mein Kind Leukämie bekommen würde, wäre mir dann genommen. Außerdem ist es auch die Frage der Verantwortung, wenn ich diese Editierung nicht durchführen würde und mein Kind dann Leukämie bekäme, würde ich mir ewig die Schuld geben.“</i>
III	Umfassende Begründung des eigenen Urteils unter Berücksichtigung von Pro- und Contra-Argumenten und einem expliziten Wertebezug	Eine explizite oder implizite Bezugnahme auf gesellschaftlich verhandelbare ethische Werte findet statt. Es finden Abwägungen statt, in denen klargemacht wird, was die Person als wichtig empfindet. Es werden sowohl Pro- als auch Contra-Argumente als auch Werte (implizit oder explizit) in der Argumentation angeführt.	<i>„Es ist schwer zu sagen, ob ich eine GE durchführen lassen würde, weil ich es interessant und gut finde, erblich bedingte Krankheiten zu bekämpfen. So könnte Leid verringert werden, aber das Kind konnte nicht selbst entscheiden, ob es geändert werden möchte. Das würde sein Selbstbestimmungsrecht und seine Würde verletzen. Ich persönlich weiß nicht, ob ich mich für oder gegen die GE entscheiden würde.“</i>

5 Darstellung der Ergebnisse

Nachdem in der Methodik die Erhebung und Aufbereitung der Daten dargestellt wurden, sollen nun die Ergebnisse dieser Studie aufgezeigt werden. Die Ergebnisse werden in der Reihenfolge der Fragestellungen aus Kapitel 3 dargestellt. Die Darstellung der erreichten Niveaustufen sowie der induktiv gewonnenen Kategorien ermöglicht sowohl nähere Einblicke in die Bewertung als auch in die Kompetenzentwicklungen der Jugendlichen. Zusätzlich kommt es zu einem Vergleich der vier Versuchsgruppen. Die Diskussion der Ergebnisse findet im Anschluss statt.

Für die Darstellung der Entwicklung der Bewertungskompetenz wird zu jeder erhobenen Teilkompetenz ein Unterkapitel folgen, die nach den Ergebnissen der einzelnen Interventionsgruppen aufgeteilt sind. So können für jede Gruppe die Ergebnisse dargestellt werden, um diese anschließend miteinander zu vergleichen. Dabei werden Beispielzitate zu den unterschiedlichen Niveaustufen der Teilkompetenzen genutzt, um die Zuordnung der Niveaustufen transparent darzustellen. In diesem Zuge werden die Zitate auch inhaltlich analysiert. Wiederholende charakteristische Inhalte werden in induktiven Kategorien gebündelt. Durch diese detaillierte Darstellung der Niveaustufen können daraufhin Rückschlüsse über die Wichtigkeit einer fachwissenschaftlichen oder bewertungsorientierten Intervention gemacht werden, um schlussendlich durch die Diskussion der Ergebnisse Leitlinien für den Unterricht zu entwickeln.

Für eine optimale Vergleichbarkeit und eine bessere Orientierung innerhalb dieser Unterkapitel sind diese immer nach demselben Schema aufgebaut. Zunächst wird jeweils noch einmal die Aufgabe und der zugehörige Erwartungshorizont knapp zusammengefasst. Daraufhin werden die absoluten Häufigkeiten der Niveaustufen nach Prä- und Post-Test unterteilt für jede Gruppe einzeln dargestellt. Exemplarische Aussagen einiger Jugendlichen ermöglichen tiefere Einblicke in die Bewertung der Jugendlichen. Die Aussagen werden dabei mit den entsprechenden deduktiven Kategorien verglichen und in Niveaustufen eingestuft. Gleichzeitig können die Zitate inhaltlich analysiert werden. Abschließend beinhaltet die Ergebnisdarstellung aller erhobenen Teilkompetenzen einen Vergleich der Interventionsgruppen untereinander. Hierbei werden die erreichten Niveaustufen gruppenweise verglichen und mögliche charakteristische Argumente ebendieser aufgelistet.

5.1 Wie verändert sich die Wahrnehmung der Relevanz des dargestellten Dilemmas?

Die Kompetenzentwicklung zur Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz* wurde mit einer offenen Fragestellung nach der moralischen Relevanz des Dilemmas erhoben (vgl. Kapitel 4.2.2). Die Teilkompetenz gliedert sich in die Niveaustufen I, II und III. Charakteristisch für die einfachste Niveaustufe I ist eine deskriptive Wahrnehmung des Problems, in welcher der moralische Gehalt der Vertretbarkeit des Einsatzes oder des Verzichts der Keimbahntherapie nicht erkannt wird. Auch die Niveaustufe II ist noch durch eine deskriptive Problemwahrnehmung gekennzeichnet. Dieser liegt allerdings schon ein Aspekt der moralisch relevanten Situation zu Grunde. Dennoch gelingt noch keine Verallgemeinerung und Erweiterung des Kontextes, wie es für die dritte Niveaustufe maßgebend ist. Außerdem ist die Darstellung der moralischen Relevanz des Dilemmas für die Gesellschaft unter der Berücksichtigung ethischer Werte bezeichnend für das höchste Niveau.

Insgesamt haben alle 32 Jugendlichen die moralische Relevanz bewusst wahrgenommen, wobei sowohl im Prä-Test als auch im Post-Test alle Niveaustufen abgebildet wurden (vgl. Tab. 5.1). Insgesamt konnten 132 Textstellen dieser Teilkompetenz zugeordnet werden. Es zeigt sich, dass nach den Interventionen weniger Textstellen eine

Tabelle 5.1: Die Niveaustufen der Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz* vor und nach den Interventionen angegeben in absoluten Häufigkeiten.

Niveau	Prä-Test	Post-Test
Niveau I	29	15
Niveau II	28	29
Niveau III	15	13

rein deskriptive Problemwahrnehmung beinhalten, wobei beachtet werden muss, dass im Post-Test insgesamt weniger Textstellen dieser Teilkompetenz zugeordnet werden konnten. Für genauere Aussagen zu der Entwicklung dieser Teilkompetenz im Laufe der Interventionen wird folgend die Verteilung der Niveaustufen gegliedert nach den Interventionsgruppen betrachtet.

5.1.1 Gruppe Fachwissen und Bewertung

Die Gruppe Fachwissen und Bewertung (FBW) erhielt eine Intervention, die 180 Minuten umfasste und sowohl fachliche als auch ethische Aspekte der Genom-Editierung berücksichtigte. Insgesamt verbleiben fünf von acht Schülern nach der Intervention auf ihrer Niveaustufe, wobei drei von ihnen schon vor der Intervention die dritte und höchste

5 Darstellung der Ergebnisse

Niveaustufe erreichten (vgl. Abb. 5.1). Jeweils eine Schülerin verbleibt auf der Niveau-

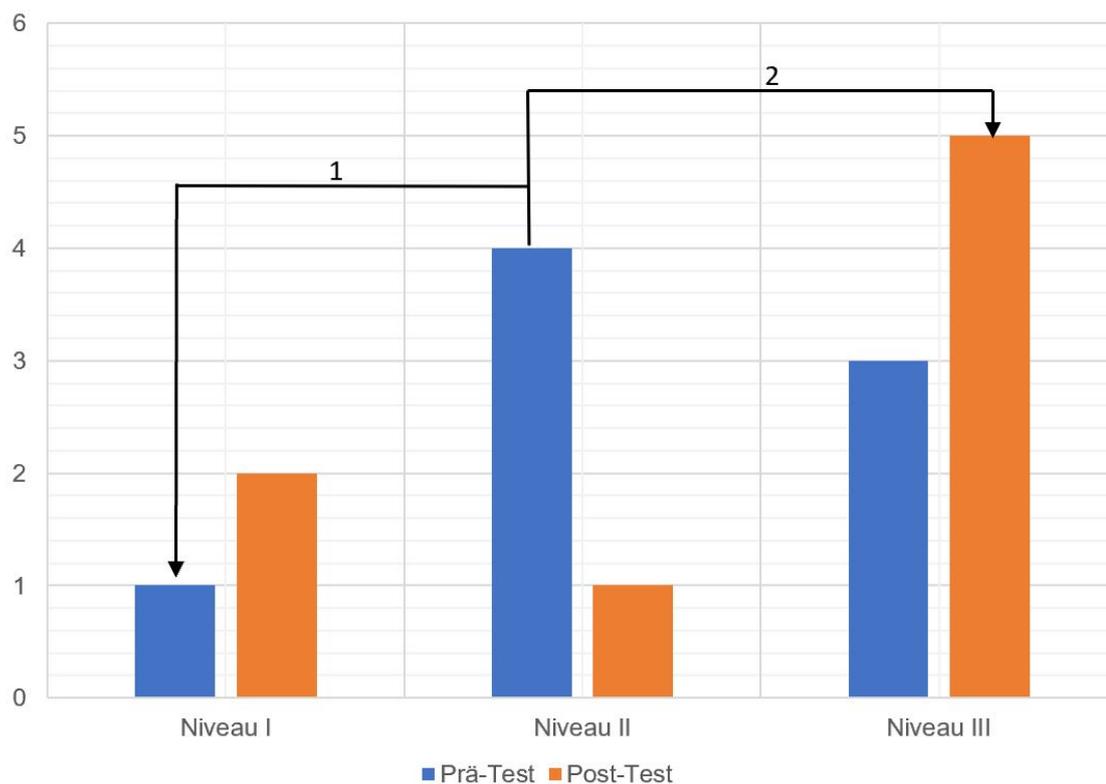


Abbildung 5.1: Niveaustufenverteilungen bei der Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz* der Gruppe FBW (N=8). Dargestellt wird die absolute Häufigkeit der Niveaustufenverteilung aufgegliedert nach Prä- und Post-Test. Die blauen Balken zeigen die Ergebnisse des Prä-Tests, während die orangefarbenen Balken die Ergebnisse des Post-Tests darstellen. Durch die Pfeile wird die Zu- oder Abwanderung einzelner oder mehrerer Schüler visualisiert.

stufe I und der Niveaustufe II. Zwei Schüler verbessern sich von der zweiten auf die dritte Niveaustufe und Karin (16) verschlechtert sich im Post-Test. Karins Ausführungen waren nach der Intervention weniger detailliert und haben das Problem nur noch deskriptiv erfasst, weshalb sie im Post-Test das Niveau I erreicht: „Eine befruchtete Eizelle soll so verändert werden, dass es nicht zu Krankheitsausbrüchen kommt. Dies sei aus der Sicht von Marie unnatürlich.“ Aussagen, in denen ausschließlich die Protagonisten des Dilemmas auftauchen, sind charakteristisch für die Niveaustufe I. Dabei werden neben der Wiedergabe von Inhalten aus dem Dilemma auch häufig genaue Wortlaute aus diesem verwendet. Marie sagt im Dilemma zwar nicht direkt, dass die Genom-Editierung unnatürlich ist, deutet dies aber durch ihre ablehnende Haltung an. Vor der Intervention hat die Schülerin sich stärker von dem Dilemma distanziert und durch die Überlegenheit des Neugeborenen anderen gegenüber einen vom Dilemma losgelösten Aspekt der moralisch relevanten Situation erfasst: „Eine befruchtete Eizelle soll so verändert werden, dass es später nicht zu Krankheitsausbrüchen kommen kann. Es könnte dabei mehr verändert werden, als nur der eine DNA-Abschnitt. Dies ist unnatürlich und es könnte sich zudem eine ‚Überlegenheit‘ des editierten Kindes gegenüber anderen Menschen äußern. Es geht auch darum, dass jemand

mehr bekommt, als eigentlich von der Natur für ihn vorgesehen wurde.“ Aufgrund dieser Aussage erreicht Karin im Prä-Test die Niveaustufe II für die Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz*. Zusätzlich beschreibt sie die Widernatürlichkeit des editierten Menschen über das Dilemma hinaus, indem sie ihre Aussage allgemein hält und nicht mit den Protagonisten des Dilemmas argumentiert.

Auch vier weitere Schüler sehen die Genom-Editierung und den dadurch entstehenden Menschen als unnatürlich an. Die Schüler begründen dies damit, dass die Genom-Editierung und die damit verbundene Veränderung der DNA ein Eingriff ins Leben der entstehenden Person sei. Zwar kann die Genom-Editierung auch die Gesundheit des Ungeborenen ermöglichen, da die genetische Veranlagung für die Leukämie herausgeschnitten wird, aber es könne zu einem Dambruch führen. Die Hemmschwelle, auch weitere Gene, die beispielsweise das Aussehen der Kinder beeinflussen, zu verändern, könnte so herabgesetzt werden. Darüber hinaus beschreibt Lisa (17) im Prä-Test, dass der ganze Prozess der Genom-Editierung *„nicht der natürliche Weg ist, ein Kind zu bekommen“*.

Clarissa (17) geht in ihrer Bewertung auf den Aspekt der Optimierung des Menschen ein und erfasst so im Prä-Test einen Aspekt der moralischen Relevanz des Themas: *„Es könnte zum Beispiel zum Problem werden, wenn eines Tages nicht nur gesundheitliche Defizite behoben werden, sondern man Embryonen auch ‚künstlich‘ schlau oder sportlich macht.“* Zwar beleuchtet sie die moralische Situation deutlich weitsichtiger als Karin, trotzdem fehlt hier die Erweiterung des Kontextes. Aus diesem Grund erlangt sie im Prä-Test das Niveau II. Nach den Interventionen stellt Clarissa die moralische Relevanz dar, indem sie die allgemeingültige Frage stellt, die sich hinter der keimbahnverändernden Genom-Editierung verbirgt: *„Es ist nicht klar, ob ein anderer Mensch so in ein fremdes Menschenleben eingreifen darf (und somit Gott spielen darf).“* Modalverben wie „dürfen“ kennzeichnen Aussagen der Niveaustufe III. Außerdem gelingt der Schülerin eine Verallgemeinerung, indem sie nicht nur auf die Personen im Dilemma eingeht, sondern allgemein über Menschen schreibt. Aus diesen Gründen argumentiert sie nach der Intervention weitsichtig und erhält die Niveaustufe III.

Drei weitere Schülerinnen sehen ebenfalls eine Gefahr in der möglichen Optimierung des Menschen. Dabei umschreiben sie entweder die Optimierung des Menschen, wie es Clarissa getan hat oder sie formulieren konkrete Folgen: *„Das moralische Problem ist, dass man in das Leben eingreift. Außerdem kann man sich so ein Wunschkind erstellen“* (Katrin, 17, Post-Test). Mit dem Begriff Wunschkind sind bei allen Schülern Designerbabys, die von den Eltern gewünschte Eigenschaften haben, gemeint. Nicht immer wird die Optimierung als gewollte Veränderung thematisiert. Drei Schülerinnen beschreiben wie Karin (16) im obenaufgeführten Zitat aus ihrem Prä-Test diese Veränderungen auch als ungewollte Nebenwirkungen, die nicht absichtlich herbeigeführt wurden. Häufig wird bei diesen Schülern die Frage nach dem Risiko der Genom-Editierung gestellt: *„Ist das Risiko des Eingriffs geringer als das Risiko [...] der auf dem Gen gespeicherten Erkrankung?“* (Karolin, 17, Prä-Test). Für diese Schüler ist das Problem hinter der keimbahnverändernden Genom-Editierung also eher eine Risikoabwägung als ein moralisches Problem. Auf die Gefahr von Neben-

wirkungen im Allgemeinen gehen vier Schüler ein. Dabei wird entweder von langfristigen Schäden durch die Genom-Editierung (Nicole, 17, Prä-Test) oder von „irgendetwas Negativem, bspw. Nebenwirkungen“ (Katrin, 17, Prä-Test) geschrieben. Konkrete Nebenwirkungen werden dabei nicht genannt.

Zusammenfassend fiel es zwei Schülern der Gruppe FBW nach den Interventionen leichter, Verallgemeinerungen anzustellen und den moralischen Gehalt des Dilemmas darzustellen, ohne ausschließlich eine Zusammenfassung des Dilemmas zu geben. Die meisten Schüler verblieben jedoch in ihrem Niveau. Als häufigstes Problem haben die Schüler die Veränderung der DNA an sich aufgeführt. Dabei haben sie zwar teilweise die Chance eines gesunden Lebens erkannt, jedoch die Genom-Editierung meistens als unnatürlichen Eingriff ins Leben beschrieben. Zusätzlich sehen die Schüler ein Problem in den unbekanntem Nebenwirkungen der Genom-Editierung sowie einem Missbrauch dieser Methode zur Optimierung des Menschen. Auch wenn sich in der Art und Weise der Argumentation teilweise Veränderungen bei den Schülern feststellen lassen, so sehen die Schüler inhaltlich sowohl vor als auch nach der Intervention ähnliche Probleme.

5.1.2 Gruppe Bewertung

In der Gruppe Bewertung (kurz: BW), die nur die Intervention zur Schulung der Bewertungskompetenz (90 Minuten) erhielt, verbleiben nach der Intervention ein Schüler auf der Niveaustufe I und zwei Schüler auf der Niveaustufe II. Drei Probanden verbessern sich jeweils um mindestens eine Niveaustufe, sodass am Ende sechs von zehn Schülern das Niveau III in ihrer Wahrnehmung der moralischen Relevanz erhalten, wobei schon im Prä-Test drei Schüler ebendieses Niveau erreichten (vgl. Abb. 5.2).

Besonders auffallend ist in dieser Gruppe der Sprung von Niveau I auf das Niveau III der Schülerin Tiara (17). Zunächst fasst diese im Prä-Test das Einführungsdilemma des Fragebogens zusammen: *„Die Gene des Babys aus dem Beispiel wurden so verändert, dass die Leukämieveranlagung des Vaters entfernt wurde. Marie meint, dass nicht klar sei, wie stark man damit in das Leben des Kindes eingreift. Paul hingegen findet die Genom-Editierung gut, weil er es als medizinischen Fortschritt ansieht.“* Eine solche Zusammenfassung ist neben der Nennung der Protagonisten des Dilemmas charakteristisch für Aussagen der ersten Niveaustufe. Sie geht dabei nicht über die Beschreibung des Dilemmas hinaus. Die Schülerin erhält somit im Prä-Test die Niveaustufe I bei der Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz*. Nach der Intervention gelingt ihr neben dieser Zusammenfassung zusätzlich eine höhere Abstraktion, sodass Tiara die Methodik der Genom-Editierung generell hinterfragt: *„Das Problem ist, ob man die Gene eines Menschen verändern darf. Damit Wilhelms Leukämieveranlagung nicht an ihr Kind weitervererbt wird, wollen Ulrike und Wilhelm den Embryo durch die Genom-Editierung genetisch verändern lassen. Es ist allerdings moralisch sehr umstritten, die Gene eines Menschen zu verändern, da man dadurch auch alle anderen Merkmale, wie z.B. das Äußere, perfektionieren könnte. Generell wird*

5 Darstellung der Ergebnisse

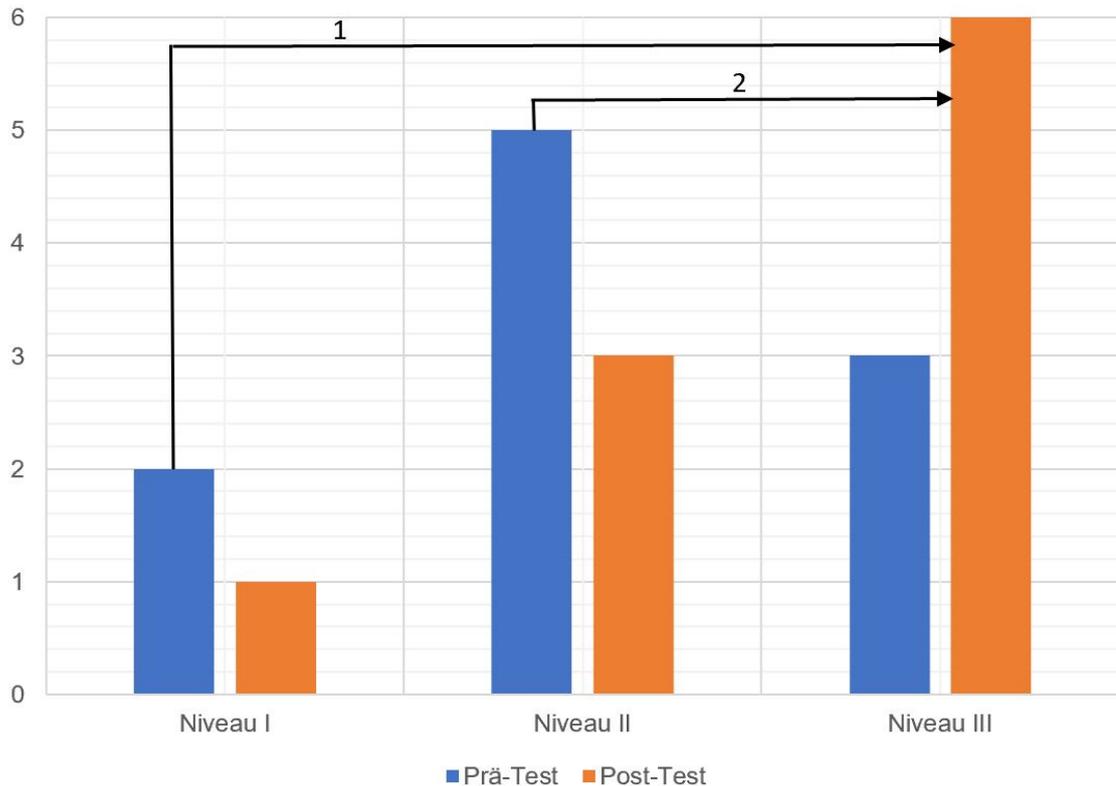


Abbildung 5.2: Niveaustufenverteilungen bei der Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz* der Gruppe BW (N=10). Dargestellt wird die absolute Häufigkeit der Niveaustufenverteilung aufgliedert nach Prä- und Post-Test. Die blauen Balken zeigen die Ergebnisse des Prä-Tests, während die orangefarbenen Balken die Ergebnisse des Post-Tests darstellen. Durch die Pfeile wird die Zu- oder Abwanderung einzelner oder mehrerer Schüler visualisiert.

dieser Eingriff in die Evolution von vielen kritisch gesehen.“ Diese Aussage von Tiara bietet nicht nur eine Zusammenfassung, sondern enthält auch eine Erweiterung des Kontextes mit einer allgemeingültigen Fragestellung unter Verwendung des Modalverbs „dürfen“. Aus diesem Grund verbessert sie sich auf die Niveaustufe III.

Zusätzlich verbleiben die Schüler dieser Gruppe, die schon im Prä-Test das Niveau III erreicht haben, auf dieser Stufe. So stellt Peter (17) vor der Intervention folgende Problematik fest: *„Das Problem ist die ethische Frage, ob man einen Menschen vor der Geburt, bzw. ob man einen Menschen genetisch manipulieren, gar modifizieren darf. Das Problem ist auch wer entscheidet, was und bei wem modifiziert werden darf.“* Peter beschreibt das Problem der allgemeinen Akzeptabilität einer genetischen Veränderung des Menschen und erreicht aus diesem Grund das Niveau III. Im Post-Test erweitert er seine Aussage noch um Folgen eines Einsatzes und bleibt somit auf der Niveaustufe III: *„Das Problem ist die Frage, ob man die Genom-Editierung ethisch-moralisch vertreten kann und ob ein Einsatz am Menschen erkaufte werden sollte. So ein Eingriff hat auch auf folgende Generationen langfristige Folgen. Die Anwendung könnte auch zu weit führen, so dass Eltern auch das Verhalten und das Aussehen nach ihren Wünschen bestimmen wollen.“*

Wie bei den oben vorgestellten Zitaten sehen alle anderen Schüler dieser Gruppe vor allem die Veränderung der DNA des Ungeborenen als Problem an. Ähnlich wie bei der Gruppe FBW sehen auch die Schüler der Gruppe BW eine derartige genetische Veränderung als unnatürlichen Eingriff ins Leben an. Darüber hinaus kritisieren sie ebenfalls die unvorhersehbaren Nebenwirkungen, die zu einer Optimierung der Embryonen führen könnte. Besonders auffällig ist, dass fast alle Schüler nach der Intervention die fehlende Zustimmung des Embryos zu diesem Eingriff in sein Leben kritisieren: *„Mit der Genom-Editierung verändert man die DNA eines Menschen und bestimmt somit auch (ohne seine Zustimmung) über ihn. Jedoch kann durch die Genom-Editierung auch Krankheiten vorgebeugt werden. Somit besteht das Problem, welche Aspekte überwiegen und wofür man sich entscheiden sollte“* (Svenja, 17, Post-Test). Bis auf bei Bianca (16) und Simone (17) taucht die fehlende Zustimmung des Embryos nur im Post-Test auf. Gleichzeitig thematisieren nach der Intervention mehr Schüler die Vorbeugung der Krankheit als positive Folge der Genom-Editierung.

Zusammenfassend haben sich auch in der Gruppe BW einige Schüler in ihrer Wahrnehmung der moralischen Relevanz verbessern können. Nur ein Schüler schaffte es nicht über die deskriptive Beschreibung des Dilemmas hinauszugehen. Alle weiteren Schüler konnten nach der Intervention wenigstens einen Aspekt der moralisch relevanten Situation erkennen oder diesen sogar verallgemeinern. Das hauptsächliche Problem der Genom-Editierung sei laut den Schülern dieser Gruppe die Veränderung der DNA und somit der unnatürliche Eingriff in das Leben des Embryos. Auffallend ist, dass nach der Intervention auch die fehlende Selbstbestimmung des Embryos als Problem genannt wird. Ähnlich wie bei der Gruppe FBW werden auch die unvorhersehbaren Nebenwirkungen und möglichen Missbräuche der Methode zur Optimierung des Menschen problematisiert.

5.1.3 Gruppe Fachwissen

Die am Fachwissen orientierte Intervention (90 Minuten) erhielten die neun Schüler aus der Gruppe Fachwissen. Hier wurden keinerlei Aspekte der Bewertungskompetenz angesprochen. Es wurde ausschließlich die Methode der Genom-Editierung näher vorgestellt und untersucht. In dieser Gruppe haben sich mehrere Probanden verschlechtert (vgl. Abb. 5.3). So haben zu Beginn vier Schüler die Niveaustufe III erreicht, während dieses Niveau nach der Intervention nur noch ein Schüler zeigte. Ein Proband verschlechterte sich auf das Niveau I und drei Schüler verschlechterten sich auf das Niveau II.

Typische Aussagen für das Niveau I lassen sich gut an Max' (17) Aussage aus dem Prä-Test zeigen: *„Der Konflikt zwischen Paul und Marie stellt ein Problem dar, da Paul ganz klar für die Genom-Editierung spricht und dies damit begründet, dass z.B. vererbte Krankheiten keine Gefahr für die nächsten Generationen darstellen. Marie sieht dies anders. Sie ist überzeugt, dass dies nicht menschlich sei, da die DNA verändert werden würde. Außerdem behauptet sie,*

5 Darstellung der Ergebnisse

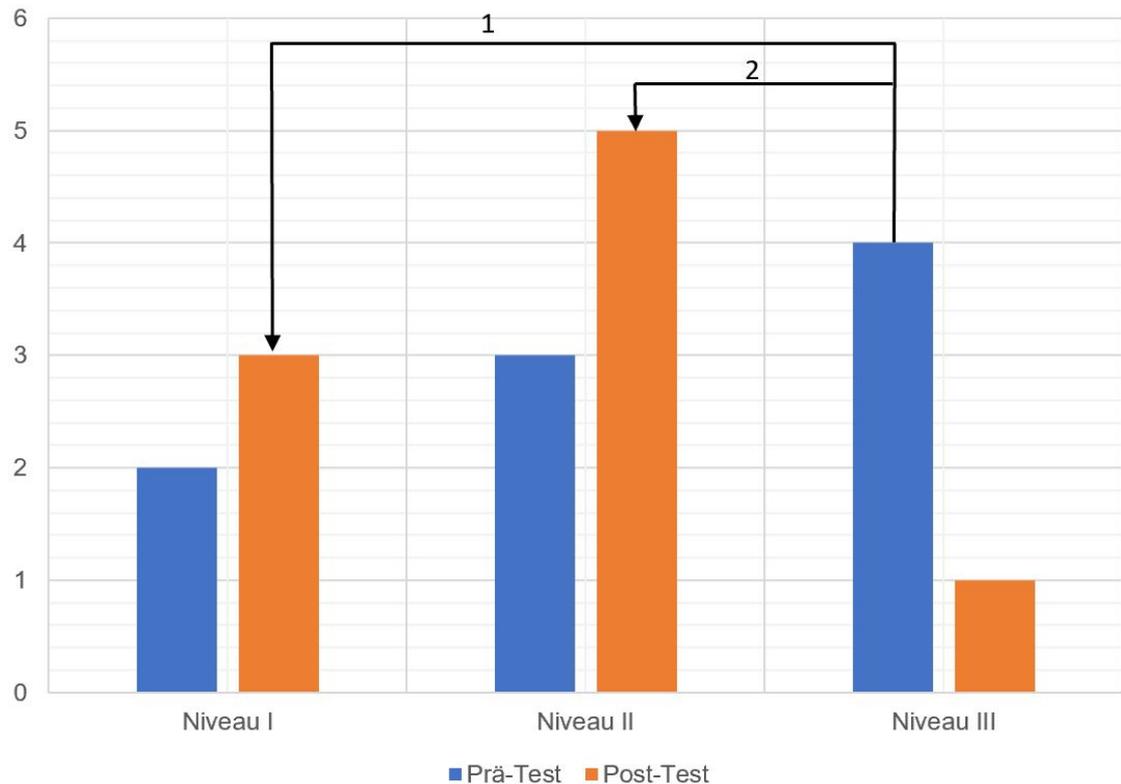


Abbildung 5.3: Niveaustufenverteilungen bei der Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz* der Gruppe FBW (N=9). Dargestellt wird die absolute Häufigkeit der Niveaustufenverteilung aufgegliedert nach Prä- und Post-Test. Die blauen Balken zeigen die Ergebnisse des Prä-Tests, während die orangefarbenen Balken die Ergebnisse des Post-Tests darstellen. Durch die Pfeile wird die Zu- oder Abwanderung einzelner oder mehrerer Schüler visualisiert.

dass die Gefahr, noch etwas Anderes zu verändern, auch vorhanden sei.“ In dieser Textstelle aus Max' Prä-Test fasst er lediglich das Dilemma zusammen, ohne darüber hinauszugehen. Im Post-Test fasst er sich kürzer und geht ebenfalls nicht über einen beschreibenden Charakter hinaus und verbleibt somit auf dem Niveau I: *„Die Veränderung der DNA sei nach Marie unmoralisch.“*

Der entscheidende Schritt für die Niveaustufe III, die Frage nach der übergeordneten Problematik, gelingt Marion (17) aus dieser Gruppe nur im Prä-Test: *„Es liegt das Problem vor, dass Menschen künstlich verändert werden und dass man den Menschen damit schon im Frühstadium verändert, ohne dass er eine Chance bekam. Zudem könnte man sich ‚Super-Menschen‘ heranzüchten, die zum Beispiel keinen Schmerz mehr fühlen und nur für den Krieg gedacht sind. Man greift hier in die Natur ein und dies ist moralisch verwerflich. Es ist wie beim eigenständig fahrenden Auto, wer übernimmt die Verantwortung, wenn etwas nicht funktioniert?“* Zunächst argumentiert Marion auf Niveau II, da sie auf die künstliche Veränderung des Menschen eingeht, ohne dass dieser einwilligen konnte. Im weiteren Verlauf skizziert sie Folgen, die durch den Einsatz der Genom-Editierung entstehen könnten und erfasst ergänzend durch die Frage nach der Verantwortung und der Widernatürlichkeit des editierten Menschen mehrere moralische Aspekte des Dilemmas. Somit erhält sie hier die Niveaustufe

III. Marions Antwort im Post-Test fällt dagegen kürzer aus und benötigt etwas mehr Interpretation: *„Das Verändern eines Lebewesens, als wäre es ein Zuchthund, ist das moralische Problem“*. Einerseits verallgemeinert Marion an dieser Stelle die Veränderung von Lebewesen, sodass Menschen oder auch Tiere gemeint sein könnten. Andererseits wird der moralische Gehalt in dieser Aussage nur indirekt angesprochen. Der Begriff „Zuchthund“ besitzt eine Wertung, wenn er zusammen im Kontext mit der Veränderung von Menschen gesehen wird. Er impliziert eine Optimierung oder Erstellung von Menschen nach äußeren Merkmalen oder Wunschvorstellungen. Durch diese Auslegung könnte dieser Textstelle die Niveaustufe III zugeordnet werden, aber durch die indirekte, gefühlsbetonte Wertung, die im Vordergrund der Aussage steht, wird hier die Niveaustufe II vergeben.

Beim Betrachten der Zitate von Marion und Max fällt auf, dass beide die Veränderung der DNA des Embryos problematisieren. Bis auf Kevin (17), der nur den Eingriff ins Leben des Embryos beschreibt, gehen alle anderen Schüler dieser Gruppe ebenfalls auf die Veränderung der DNA ein. Dabei begründen sie dies, wie schon die beiden Gruppen davor, auch mit der Widernatürlichkeit der genetischen Veränderung und den unvorhersehbaren Nebenwirkungen. Fünf Schüler thematisieren hierbei auch den Missbrauch zur Erstellung von Designerkindern: *„Außerdem könnte die Veränderung der DNA zur ‚Perfektionierung‘ der Menschen führen, wenn alle Makel einfach herausgeschnitten und ersetzt werden“* (Petra, 16, Prä-Test).

Auch in der Gruppe F wird vor allem im Post-Test die fehlende Zustimmung des Embryos thematisiert. Darüber hinaus wird im Prä-Test von drei Schülern (Marion, 17; Lena, 16; Kevin, 17) eine Regulierung der Genom-Editierung gefordert.

Zusammenfassend fallen die Aussagen der Schüler nach der Intervention häufig kürzer aus, weshalb auch insgesamt weniger Unterschiede in den Problematisierungen vor und nach der Intervention zu erkennen sind. Zusätzlich verschlechtern sich aufgrund dieser kürzeren Aussagen einige Schüler der Gruppe. Trotzdem befinden sich nach der Intervention noch viele Schüler auf der zweiten Niveaustufe, da sie zwar einen Aspekt der moralisch relevanten Situation erkennen, aber nur selten eine Verallgemeinerung des Kontextes diskutieren. Inhaltlich dominiert die Veränderung der DNA als größtes Problem der Genom-Editierung. Darüber hinaus werden die Widernatürlichkeit und die unvorhersehbaren Nebenwirkungen bis hin zur Optimierung des Menschen thematisiert. Neu in dieser Gruppe ist die Forderung nach einer Regulierung der Genom-Editierung im Prä-Test.

5.1.4 Kontrollgruppe

In dieser Gruppe wurde der gewohnte Fachunterricht fortgesetzt und somit keine gesonderte Intervention zur Bewertungskompetenz oder zu den fachlichen Grundlagen der Genom-Editierung durchgeführt. Bis auf einen Schüler verbleiben alle Schüler aus dieser

5 Darstellung der Ergebnisse

Gruppe in Niveau II (vgl. Abb. 5.4). Moritz (17) verschlechtert sich im Post-Test von Niveau III auf Niveau II, sodass in der Kontrollgruppe nur eine Veränderung festzustellen ist.

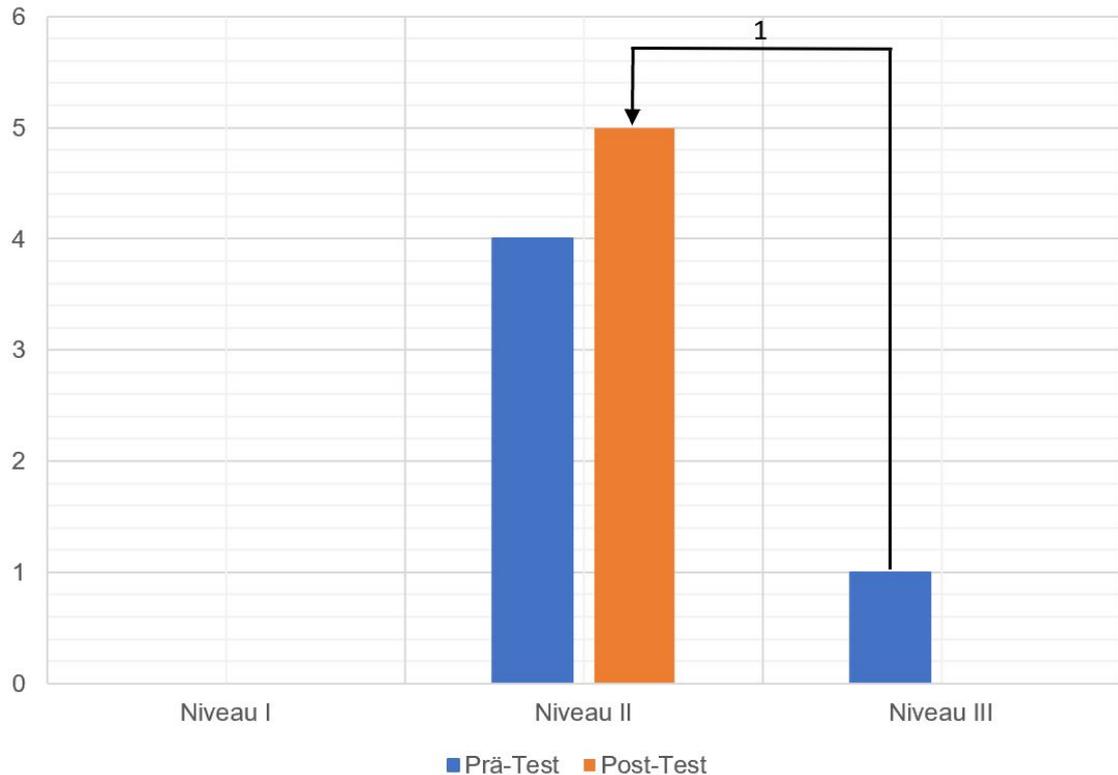


Abbildung 5.4: Niveaustufenverteilungen bei der Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz* der Gruppe K (N=5). Dargestellt wird die absolute Häufigkeit der Niveaustufenverteilung aufgegliedert nach Prä- und Post-Test. Die blauen Balken zeigen die Ergebnisse des Prä-Tests, während die orangefarbenen Balken die Ergebnisse des Post-Tests darstellen. Durch die Pfeile wird die Zu- oder Abwanderung einzelner oder mehrerer Schüler visualisiert.

Die Verschlechterung von Moritz ist durch die fehlende Verallgemeinerung der Situation im Post-Test zu erklären. Der Schüler stellt zu Beginn die Forderung, dass niemand ohne seine Zustimmung verändert werden dürfe. Hier werden sowohl die Modalverben „dürfen“ und „sollen“ genutzt als auch eine Verallgemeinerung des Kontextes gezeigt: *„Ein Mensch wird verändert, ohne dass er es selbst entscheiden kann. Es besteht zudem das Risiko, dass das Kind weitere Schäden davontragen könnte. Die Eltern sind zwar einverstanden, jedoch sollte jeder Mensch selbst entscheiden dürfen, ob und wie er verändert werden möchte. Beispielsweise darf nur der Mensch selbst entscheiden, ob er eine Schönheitsoperation durchführen will o.Ä. und nicht seine Eltern.“* Zunächst argumentiert Moritz noch sehr nah am Dilemma und behandelt nur einen moralisch relevanten Aspekt, weshalb der erste Teil seiner Aussage dem Niveau II zuzuordnen ist. Im zweiten Teil gelingt ihm die Verallgemeinerung auf alle Menschen sowie eine normative Forderung der Selbstbestimmung von

Menschen, sodass er hier das Niveau III erreicht. Im Post-Test verbleibt Moritz mit seiner Argumentation nah am Dilemma, auch wenn er konkretere Folgen der Anwendung der Genom-Editierung benennt: *„Die Eltern entscheiden über ihr Kind, ohne es zu fragen, wodurch es Schäden erhalten könnte. Wenn das Kind nicht selbst entscheiden darf, ob es verändert werden will, versauen die Eltern ihm vielleicht die erste Sandkasten-Prügelei, da er Sandkastenverbot hat, weil er nur Sand füttern würde. Oder aber sein erster Kuss mit Klein-Susi wird versaut, weil er durchs Schielen den Mund nicht trifft.“* Generell zeigt diese Aussage, dass der Proband die Befragung im Post-Test nicht mehr Ernst genommen hat. Außerdem fehlt in dieser Ausführung die Verallgemeinerung, da diese ausschließlich von dem Kind des Dilemmas handelt. Die Aussage geht allerdings über eine rein deskriptive Zusammenfassung des Dilemmas hinaus und beinhaltet den moralischen Aspekt der Selbstbestimmung des Kindes, weshalb der Schüler im Post-Test das Niveau II erreicht.

Auch inhaltlich verändert sich zwischen Prä- und Post-Test nur wenig. Die Schüler kritisieren hauptsächlich die Veränderung der DNA, wobei sie teilweise auch auf die fehlende Zustimmung des Embryos eingehen. Drei Schüler sehen auch das Potenzial der Genom-Editierung zur Vorbeugung von Krankheiten. Julian (16) beschreibt als einziger Schüler sowohl im Prä- als auch im Post-Test die Benachteiligung bereits existierender Menschen mit Anlagen für Erbkrankheiten als Problem der Genom-Editierung. Theresa (16) fordert im Prä-Test eine Regulierung der Genom-Editierung, um die Perfektionierung von Menschen zu verhindern. Sie ist damit die einzige in dieser Gruppe, die eine Regulierung der Genom-Editierung fordert und auch die Optimierung von Menschen durch diese Methode befürchtet.

Zusammenfassend zeigt sich, dass in der Kontrollgruppe der größte Teil der Schüler auf ihrer Niveaustufe verbleibt. Außerdem gelingt allen Schülern von Beginn an die Wahrnehmung von einem der moralisch relevanten Aspekte. Auch in dieser Gruppe wird die Veränderung der DNA des Embryos als größtes Problem der Genom-Editierung ausgemacht. Zudem wird von einer Benachteiligung bereits existierender Menschen gesprochen. Auffallend ist, dass in dieser Gruppe nur eine Schülerin eine Optimierung von Menschen als mögliches Problem ansieht. Generell verkürzen sich die Argumentationen der Schüler dieser Gruppe zwischen Prä- und Post-Test, wodurch sich im Post-Test weniger ausführliche Problemanalysen ergeben.

5.1.5 Vergleich der Gruppen

Bei einer vergleichenden Betrachtung der Gruppen fällt auf, dass die Gruppen FBW und BW sich generell eher verbessert, wohingegen sich die Gruppe F und die Kontrollgruppe eher verschlechtert haben. Somit fällt es den Schülern beider Gruppen, welche die Intervention zur Schulung der Bewertungskompetenz erhalten haben, im Post-Test leichter, den moralischen Gehalt des Dilemmas zu erkennen. Außerdem verallgemeinern die Schüler die moralisch relevante Situation häufiger als die Schüler, die nur die fachliche

5 Darstellung der Ergebnisse

Intervention oder gar keine Intervention erhalten haben. Auffällig ist auch, dass die Schüler der Gruppe F sich eher verschlechtern und nur noch einzelne Aspekte der moralisch relevanten Situation darstellen. Erwartungsgemäß verbleiben die meisten Schüler der Kontrollgruppe auf ihrer Niveaustufe, wobei sie im Vergleich zu den anderen Gruppen schon von Beginn an ein gutes Verständnis einzelner Aspekte der moralisch relevanten Situation zeigen.

Hervorzuheben ist außerdem, dass die meisten Schüler der Gruppen F und K nach der Intervention weniger ausführlich antworten. Dies zeigt sich in den weniger umfangreichen Argumentationen, welche die Schüler zur Begründung der moralischen Relevanz anführen. In den Gruppen FBW und BW werden die Problematisierungen im Post-Test meistens ausführlicher oder bleiben ähnlich umfangreich wie im Prä-Test.

In allen Gruppen können immer wieder ähnliche Kontexte wiedererkannt werden. Diese sollen nachfolgend noch einmal zusammengefasst werden.

Fast alle Schüler sehen die Veränderung der DNA des Ungeborenen als Problem der Genom-Editierung an. Dabei ist die Argumentation in allen Gruppen vergleichbar. So wird der editierte Mensch als unnatürlich aufgefasst und die Veränderung der DNA mit einem Eingriff ins Leben des Embryos gleichgesetzt. Zwar sieht ein Großteil der Schüler auch die Chance der Vorbeugung von Krankheiten durch die Genom-Editierung, trotzdem überwiegen die negativ behafteten Folgen. Immer wieder argumentieren die Schüler der Gruppen FBW, BW und F mit der Optimierung von Menschen, wobei teilweise Designerkinder oder die Perfektionierung der Menschheit angesprochen werden. In der Kontrollgruppe spielt diese Optimierung nur eine geringe Rolle. Dafür wird in dieser Gruppe sowie in den Gruppen F und BW auch die fehlende Zustimmung des Embryos diskutiert. Die Schüler der Gruppe FBW diskutieren diese nicht, sondern beschreiben das Problem teilweise eher als Risikoabwägung zwischen Genom-Editierung, Schwere der Krankheit sowie Wahrscheinlichkeit eines Ausbruchs. Die unvorhersehbaren Nebenwirkungen thematisieren die Schüler aller Gruppen gleich häufig. Auffällig ist, dass eine Regulierung der Genom-Editierung hauptsächlich von den Schülern der Gruppe F gefordert wird.

Insgesamt lassen sich in den Gruppen BW und FBW Verbesserungen in den Niveaustufen zur Wahrnehmung der moralischen Relevanz im Kontext der Genom-Editierung feststellen. Die Ausführungen der Schüler werden in diesen beiden Gruppen etwas umfangreicher. Zusammengefasst lassen sich aber nur wenige inhaltliche Unterschiede zwischen Prä- und Post-Test feststellen. Auch die Unterschiede zu den Gruppen F und K fallen eher gering aus, wobei die Schüler der zuletzt genannten Gruppen im Post-Test meist weniger ausführlich antworteten und es kaum Verbesserungen dieser Gruppen bezüglich der Niveaustufen.

Welche ethischen Werte die Schüler vor und nach der Intervention berührt sehen, wird im nächsten Unterkapitel näher betrachtet.

Zusammenfassung der Ergebnisse zur Teilkompetenz Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz:

- Die Gruppen FBW und BW verbessern sich in der Wahrnehmung der moralischen Relevanz.
- Die Gruppen F und K verschlechtern sich eher in der Wahrnehmung der moralischen Relevanz.

Induktive Kategorien:

- Veränderung der DNA (alle Gruppen)
 - Eingriff ins Leben des Embryos (alle Gruppen)
 - unnatürlicher Eingriff (alle Gruppen)
- positive Effekte:
 - Vorbeugung von Krankheiten (alle Gruppen)
- negative Effekte:
 - Optimierung des Menschen (alle Gruppen)
 - * Designerkinder (Gruppen FBW, BW, F)
 - * Perfektionierung des Menschen (Gruppen FBW, BW, F)
 - fehlende Zustimmung des Embryos (Gruppen BW, F, K)
 - unvorhersehbare Nebenwirkungen (alle Gruppen)
- Regulierung der Genom-Editierung (Gruppen F, K)
- Risikoabwägung zwischen Krankheit und Genom-Editierung (Gruppe FBW)

5.2 Wie entwickelt sich das Erkennen und Nennen von ethischen Werten?

Die Kompetenzentwicklung zur Teilkompetenz *Beurteilen* wurde mit einer offenen Fragestellung nach den berührten ethischen Werten in der Situation des Dilemmas erhoben (vgl. Kapitel 4.2.2). Die Teilkompetenz gliedert sich in die Niveaustufen I, II und III. Charakteristisch für die niedrigste Niveaustufe I ist die Nennung eines Werts, der in der moralisch relevanten Situation berührt wird. Meistens gelingt in dieser Niveaustufe auch nur eine implizite Nennung ethischer Werte mit einer knappen Begründung, die nicht direkt auf die Situation angepasst ist. Auch die Niveaustufe II ist noch durch eine implizite Wertezuordnung gekennzeichnet, wobei in dieser Stufe auch eine ausführlichere Begründung stattfindet. Dennoch gelingt noch keine explizite Begründung mehrerer Werte, wie es für die dritte Niveaustufe maßgebend ist. Außerdem ist die Darstellung eines Wertekonfliktes ebenfalls kennzeichnend für die dritte und höchste Niveaustufe. Insgesamt sind alle 32 Jugendlichen auf berührte ethische Werte eingegangen, wobei sowohl im Prä-Test als auch im Post-Test alle Niveaustufen abgebildet wurden (vgl. Tab. 5.2). Insgesamt konnten 109 Textstellen der Teilkompetenz *Beurteilen* zugeordnet werden. Es zeigt sich, dass nach den Interventionen weniger Textstellen eine Aufzäh-

Tabelle 5.2: Die Niveaustufen der Teilkompetenz *Beurteilen* vor und nach den Interventionen angegeben in absoluten Häufigkeiten.

Niveau	Prä-Test	Post-Test
Niveau I	58	21
Niveau II	9	27
Niveau III	1	8

lung von ethischen Werten und dafür deutlich mehr Textstellen auch eine Begründung der zugeordneten Werte aufweisen. Für genauere Aussagen zu der Entwicklung dieser Teilkompetenz im Laufe der Intervention wird folgend die Verteilung der Niveaustufen gegliedert nach den Interventionsgruppen betrachtet.

5.2.1 Gruppe Fachwissen und Bewertung

Die Gruppe Fachwissen und Bewertung (FBW) erhielt eine Intervention, die 180 Minuten umfasste und sowohl fachliche als auch ethische Aspekte der Genom-Editierung beinhaltete. Nach der Intervention verbleiben zwei von vier Schülern auf der Niveaustufe I. Die übrigen beiden Schüler verbessern sich um mindestens eine Niveaustufe. Die Niveaustufe II erreichen vor und nach der Intervention drei Schüler, wobei nur eine Schülerin in

5 Darstellung der Ergebnisse

diesem Niveau verbleibt. Im Post-Test erhalten drei Schüler die Niveaustufe III, wohingegen nur eine Schülerin dieses Niveau im Prä-Test erreicht (vgl. Abb. 5.5).

Insgesamt lässt sich in der Gruppe FBW eine Verbesserung des Erkennens von ethischen

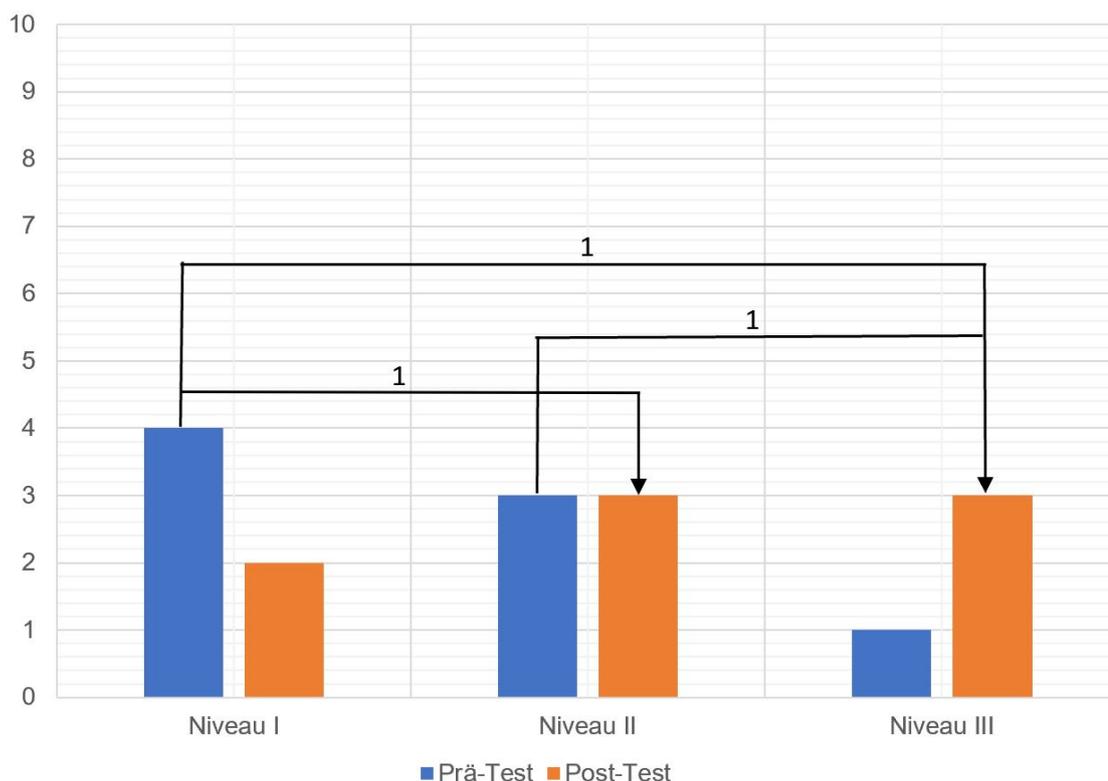


Abbildung 5.5: Niveaustufenverteilungen bei der Teilkompetenz *Beurteilen* der Gruppe FBW (N=8). Dargestellt wird die absolute Häufigkeit der Niveaustufenverteilung der Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz* der Gruppe Fachwissen und Bewertung aufgegliedert nach Prä- und Post-Test. Die blauen Balken zeigen die Ergebnisse des Prä-Tests, während die orangefarbenen Balken die Ergebnisse des Post-Tests darstellen. Durch die Pfeile wird die Zu- oder Abwanderung einzelner oder mehrerer Schüler visualisiert.

Werten beschreiben, da statt einer Umschreibung der Werte vermehrt eine explizite Nennung und Begründung dieser stattfindet. Beispielsweise umschreibt Kerstin (18) im Prä-Test den Wert der Natürlichkeit, indem sie auf die unnatürliche Entstehung des Embryos eingeht: „Der Mensch ist durch Editierung neu erschaffen worden und sein Leben hat nicht wie normalerweise natürlich begonnen.“ Dadurch, dass Kerstin den Wert nur umschreibt, wird ihr die Niveaustufe I im Prä-Test zugeordnet. Umschreibungen mit impliziten Wertebzügen sind typisch für diese Niveaustufe. Nach der Intervention nennt und begründet Kerstin mehrere Werte: „Verantwortung als ethischer Wert spielt eine Rolle, denn wenn etwas falsch läuft, muss jemand dafür haften können. Sicherheit spielt ebenfalls eine Rolle, da man eine gefährliche Krankheit auslöscht und dann ist das Kind in Sicherheit. Gleichzeitig gehört auch Freiheit dazu, denn jeder Mensch soll das Recht auf Freiheit haben und selber entscheiden können, ob in die DNA eingegriffen werden soll. Darüber hinaus möchte jeder Mensch oder jedes Kind gesund aufwachsen und leben, weshalb die Gesundheit als Wert entscheidend ist. Es gibt natürlich

viel mehr ethische Werte, die hier eine Rolle spielen, aber das sind so die Wichtigsten für mich.“ Da Kerstin zu dieser Frage sowohl ethische Werte für eine Durchführung der Genom-Editierung als auch gegen eine Durchführung erläutert, erhält sie im Post-Test die Niveaustufe III. Obwohl ethische Werte für oder gegen den Einsatz der Genom-Editierung begründet werden, könnte der Wertekonflikt deutlicher sein. Es ist aber trotzdem ein deutlicher Kompetenzzuwachs zu erkennen, da explizit Werte zu unterschiedlichen Positionen genannt und begründet werden.

Karolin (17) erläutert sowohl vor der Intervention als auch nach der Intervention Wertekonflikte innerhalb eines Werts und erhält deswegen in beiden Tests die Niveaustufe III. *„Das Recht auf körperliche Unversehrtheit: Dieser Eingriff könnte, sowohl wenn er durchgeführt wird, als auch wenn er nicht durchgeführt wird, dieses Recht verletzen. Einmal könnten OP-Komplikationen auftreten, wenn sie durchgeführt wird. Sollte die Genom-Editierung nicht durchgeführt werden, könnte die Krankheit ausbrechen.“* Karolin erläutert im Prä-Test ausführlich einen Konflikt innerhalb des Werts der körperlichen Unversehrtheit. Nach der Intervention benennt sie mehrere Werte explizit und erläutert ebenfalls einen Wertekonflikt innerhalb des Werts Sicherheit: *„Die Sicherheit spielt eine Rolle, da der Vorgang die Sicherheit des Embryos gefährdet. Andererseits kann er die Sicherheit auch herstellen, wenn dadurch einer Krankheit vorgebeugt wird.“* Aufgrund dieser Aussage und der Begründung mehrerer weiterer ethischer Werte wie Gesundheit, Familie, Verantwortung und Gerechtigkeit erhält Karolin auch im Post-Test die Niveaustufe III.

Insgesamt lässt sich neben der allgemeinen Verbesserung der meisten Schüler auch feststellen, dass nach der Intervention mehr Werte explizit genannt werden. Vor der Intervention umschreiben die meisten Schüler meist einen oder zwei ethische Werte. Dabei werden vor allem die Werte Gesundheit und Natürlichkeit immer wieder thematisiert, wobei die Natürlichkeit durch die Genom-Editierung verletzt wird und die Gesundheit durch diese gewahrt werden könnte. Eine mögliche Gefährdung der Gesundheit durch die Genom-Editierung wird nicht thematisiert. Lisa (17) beschreibt in ihrem Prä-Test, dass die Genom-Editierung *„nicht der natürliche Weg ist, ein Kind zu bekommen.“* Außerdem würde sie die Genom-Editierung anwenden, um andere vor Krankheiten, die deren Leben bedrohen oder erschweren können, zu schützen, um ihnen ein *„schöneres‘ Leben zu schenken.“* Neben der Natürlichkeit, welche durch die Genom-Editierung nicht gegeben ist, und der Gesundheit spricht Lisa in ihren Antworten auch die Leidverringerung durch den Schutz vor einer Krankheit an. Auch andere Schüler sehen die Leidverringerung als einen zentralen ethischen Wert hinter der keimbahnverändernden Genom-Editierung, der auch schon vor der Intervention von einigen Schülern aufgeführt wird. Das Recht auf körperliche Unversehrtheit und Freiheit bzw. die Selbstbestimmung des Embryos werden nur von Karolin (17) vor der Intervention erläutert.

Nach der Intervention beschreiben mehr Schüler, dass das *„Recht auf ein selbstbestimmtes Leben bzw. die Selbstbestimmung allgemein“* (Clarissa, 17, Post-Test) mit der Durchführung der Genom-Editierung verletzt würde. Neben der Natürlichkeit und der Gesundheit werden im Post-Test von den Schülern häufiger die Selbstbestimmung des Embryos und die Sicherheit erläutert. Besonders die Sicherheit wird unterschiedlich interpretiert.

So geht es zum einen um die Sicherheit der Methode („*wie gut ist die Genom-Editierung wirklich?*“, Lara, 17, Post-Test). Zum anderen könnte das Kind auch durch das Auslösen der Krankheiten in Sicherheit sein.

Weitere ethische Werte, die nach der Intervention dazu kommen, sind die Verantwortung und die Gerechtigkeit. In Bezug auf die Verantwortung stellen die Schüler die Frage, „*wer sie im Nachhinein übernimmt*“ (Karolin, 17, Post-Test). Die Schüler gehen hier also nicht auf die Verantwortung einzelner Personen ein, sondern beschreiben generell das Problem der Übernahme der Verantwortung. Hinter dem Wert Gerechtigkeit verbirgt sich hauptsächlich die Frage, wer eine Genom-Editierung durchführen lassen dürfe (Lara, 17, Post-Test). Sie müsse für jeden zugänglich und auch finanziell erschwinglich sein (Karolin, 17, Post-Test). Den Wert der Gerechtigkeit beziehen die Schüler oft auf einen gleichberechtigten Zugang zur Genom-Editierung, damit kein Mensch anderen durch seine Gene überlegen wäre (Karin, 16, Prä-Test). Nur Karin umschreibt dies bereits im Prä-Test, ansonsten wird die Gerechtigkeit hauptsächlich nach der Intervention thematisiert.

Zusammenfassend kann eine Verbesserung des Erkennens von ethischen Werten in der Gruppe FBW festgestellt werden. Diese lässt sich durch die Steigerung der Schüler auf ihren Niveaustufen begründen. Darüber hinaus konnten die Schüler nach der Intervention mehr ethische Werte explizit benennen und begründen, wohingegen dies vor der Intervention bei den meisten Schülern nur implizit erfolgte. Besonders die Natürlichkeit, Gesundheit, Leidverringerung und die Selbstbestimmung sind zentrale ethische Werte, welche die Schüler dieser Gruppe durch die keimbahnverändernde Genom-Editierung berührt sehen. Aber auch die Sicherheit, Verantwortung, Gerechtigkeit bzw. Gleichberechtigung spielen laut den Schülern eine Rolle, wobei die letztgenannten hauptsächlich nach der Intervention erkannt werden.

5.2.2 Gruppe Bewertung

In der Gruppe Bewertung (kurz: BW), die nur die Intervention zur Schulung der Bewertungskompetenz (90 Minuten) erhielt, sind alle zehn Schüler vor der Intervention auf der Niveaustufe I. Nach der Intervention verbleiben drei Schüler auf diesem Niveau. Die weiteren sieben Schüler verbessern sich mindestens um eine Niveaustufe, sodass am Ende drei Schüler das Niveau II und vier Schüler das Niveau III erreichen (vgl. Abb. 5.6).

Insgesamt lässt sich erkennen, dass einem Großteil der Schüler das Erkennen von ethischen Werten nach der Intervention leichter fällt. Es zeigt sich, dass die Schüler nach der Intervention eindeutiger ethische Werte benennen und diskutieren können. Vier Schüler können sogar Wertekonflikte benennen, wodurch sie die Niveaustufe III erhalten. Matthias (17) kritisiert im Prä-Test die Sicherheit der Genom-Editierung, indem er begründet, dass „*ein Fehler bei der Editierung nicht nur das Kind selbst, sondern auch dessen Nachfahren betreffen*“ würden. Indirekt deutet er einen Wertebezug zur Gesundheit an, da „*Krankheiten wie Krebs [...] eventuell eingedämmt werden*“ könnten. Diese Andeutungen, ohne Werte

5 Darstellung der Ergebnisse

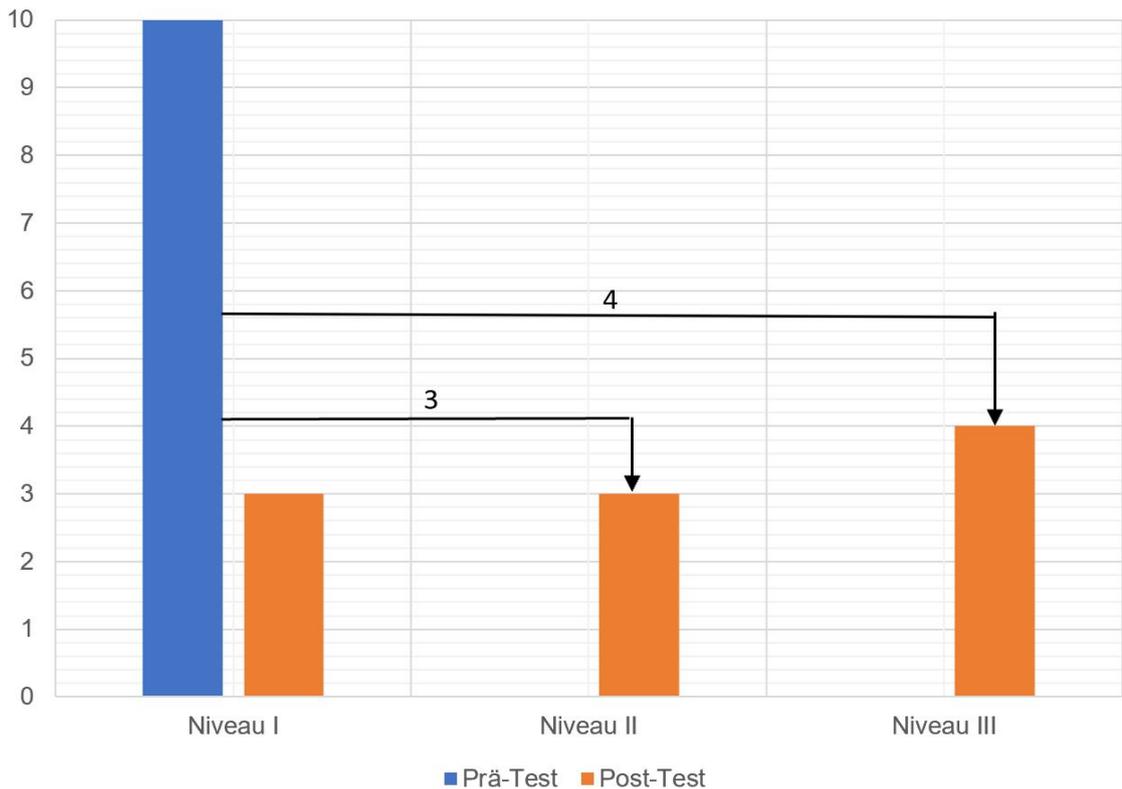


Abbildung 5.6: Niveaustufenverteilungen bei der Teilkompetenz *Beurteilen* der Gruppe BW (N=10). Dargestellt wird die absolute Häufigkeit der Niveaustufenverteilung der Teilkompetenz *Beurteilen* der Gruppe und Bewertung aufgegliedert nach Prä- und Post-Test. Die blauen Balken zeigen die Ergebnisse des Prä-Tests, während die orangefarbenen Balken die Ergebnisse des Post-Tests darstellen. Durch die Pfeile wird die Zu- oder Abwanderung einzelner oder mehrerer Schüler visualisiert.

direkt zu benennen und zu begründen, lassen sich der Niveaustufe I zuordnen. Charakteristisch ist für diese Niveaustufe auch, dass die Schüler die Wertebezüge nicht in der geforderten Aufgabe zeigen, sondern in ihren Antworten zu anderen Aufgaben unbewusst Wertebezüge herstellen. Im Post-Test konnte Matthias dann die Frage zu den ethischen Werten beantworten: „Die körperliche Unversehrtheit und Sicherheit spielen eine Rolle, denn einerseits will man dem Kind etwas Gutes tun, aber andererseits könnte es sein, dass langfristige Probleme auftreten.“ Matthias benennt und begründet im Post-Test nicht nur zwei Werte, sondern erläutert einen Konflikt zwischen diesen Werten. Aufgrund dieses Wertekonfliktes und der eindeutigen Benennung der Werte erhält er im Post-Test die Niveaustufe III bei der Teilkompetenz *Beurteilen*.

Nicht allen Schülern gelingt es nach der Intervention einen Wertekonflikt zu erläutern. Antje (16) erläutert vor und nach der Intervention mögliche ethische Werte, die gegen einen Einsatz der keimbahnverändernden Genom-Editierung sprechen. Dabei verwendet sie Begriffe wie religiöse Werte, Moral und Bioethik, ohne eine nähere Erklärung dieser Begriffe anzufügen: „Religiöse Werte spielen eine Rolle, da Gott uns so geschaffen hat, wie wir sind und nicht will, dass man einen Menschen nach unserem eigenen Belieben verändert. Aber auch unsere eigene Moral ist wichtig, denn wollen wir selbst unser eigenes Kind verändern, bevor

es selbst in der Lage ist, zu entscheiden? Auch in der Bioethik selber muss man darüber nachdenken, denn auch medizinisch gesehen, ist die Genom-Editierung ein Risiko.“ Um welche Werte es sich genau handelt, lässt Antje dabei offen. Angedeutet werden die Werte Natürlichkeit, Religion, Selbstbestimmung und Sicherheit. Da aber die explizite Erwähnung dieser fehlt und die Begründungen eher vage und allgemein gehalten sind, erhält Antje im Prä-Test das Niveau I. Auch im Post-Test bleibt Antje allgemein, auch wenn sie explizit Werte nennt und diese gezielt begründet: *„Einerseits spielt die Meinungsfreiheit des Ungeborenen eine Rolle. Es werden Entscheidungen getroffen, in die es nicht eingebunden wird. Auch die Sicherheit könnte gefährdet werden, wenn etwas bei der Genom-Editierung schief geht. Es dürfen niemals Grenzen überschritten werden und das Verhalten und Aussehen des Menschen verändert werden. Das würde gegen ethische Werte verstoßen, denn wir sind nun mal, wie wir sind.“* Antje begründet explizit zwei Werte, die gegen die Genom-Editierung sprechen, wobei sie mit Meinungsfreiheit vermutlich eher die Selbstbestimmung des Ungeborenen meint. Ähnlich dem Prä-Test spielt auch die Sicherheit als Wert eine Rolle in ihrer Ausführung. Darüber hinaus deutet sie durch den letzten Teil eine Gefährdung des Werts der Natürlichkeit an. Da Antje nur Werte erläutert, die gegen die Genom-Editierung sprechen und somit keinen Wertekonflikt darstellt, verbessert sie sich nur um eine Niveaustufe und erreicht im Post-Test das Niveau II für diese Teilkompetenz.

Wie schon deutlich wurde, sehen die Schüler unterschiedliche ethische Werte berührt. Dabei werden nach der Intervention mehr ethische Werte erläutert. Ähnlich der Gruppe FBW spielt die Gesundheit eine wichtige Rolle für die Jugendlichen. Neben dieser werden bereits im Prä-Test die Selbstbestimmung des Ungeborenen und die Sicherheit der Genom-Editierung angesprochen. Die Natürlichkeit und auch die Leidverringerung spielen in dieser Gruppe nur bei wenigen Schülern eine Rolle. Dafür taucht nach der Intervention der Werte der Individualität auf. Religiöse Werte werden eher vor der Intervention von wenigen Schülern benannt. Nach der Intervention beschreiben die Schüler auch den wissenschaftlichen Fortschritt und die Gleichberechtigung bzw. die Gerechtigkeit als relevante Werte.

Im Zuge der Gleichberechtigung wird der Zugang zur Genom-Editierung diskutiert: *„Gleichberechtigung: Wer darf entscheiden, bei wem und zu welchem Preis eine Editierung vorgenommen werden darf? Der Wohlstand entscheidet darüber, wer einen Nutzen aus der Genom-Editierung ziehen darf“* (Peter, 17, Post-Test). Peter sieht also die Gleichberechtigung gefährdet, da nicht klar ist, ob alle einen Zugang zur Genom-Editierung bekommen und sich einen Einsatz leisten können. Darüber hinaus deutet Peter auch eine Ungerechtigkeit an, die durch die Genom-Editierung auftreten könnte, da nur wohlhabende Menschen sich die Genom-Editierung leisten könnten. Im Gegensatz dazu sieht Tiara (17, Post-Test) einen anderen Aspekt der Gerechtigkeit berührt, denn laut ihr könnte *„man durch die Genom-Editierung jedem Menschen die gleichen Startchancen geben“*. In dieser Gruppe werden also unterschiedliche Werte analysiert und auch auf unterschiedliche Standpunkte ausgerichtet.

Zusammenfassend zeigt sich, dass nach der Intervention mehr Schüler höhere Niveaustufen der Teilkompetenz *Beurteilen* erreichen. Darüber hinaus werden nach der In-

tervention mehr ethische Werte genannt und begründet. Besonders durch die Genom-Editierung gefährdet sehen die Schüler die Selbstbestimmung und die Individualität des Ungeborenen. Außerdem kritisieren sie die Sicherheit der Methode, auch wenn dadurch die Gesundheit des Kindes hergestellt werden könnte. Zusätzlich gefährden Fehler während der Genom-Editierung die Gesundheit. Die Natürlichkeit spielt neben der Gerechtigkeit, der Gleichberechtigung und dem wissenschaftlichen Fortschritt seltener eine Rolle in den Ausführungen der Schüler.

5.2.3 Gruppe Fachwissen

Die fachwissenschaftlich orientierte Intervention (90 Minuten) erhielten die neun Schüler aus der Gruppe Fachwissen. Hier wurden keinerlei Aspekte der Bewertungskompetenz angesprochen, sondern ausschließlich die Methode der Genom-Editierung näher vorgestellt und untersucht. In dieser Gruppe verbleiben alle neun Schüler vor und nach der Intervention bei der Teilkompetenz *Beurteilen* auf derselben Niveaustufe (vgl. Abb. 5.7). Bei der Teilkompetenz *Beurteilen* gibt es keine Veränderungen auf den Niveaustufen vor

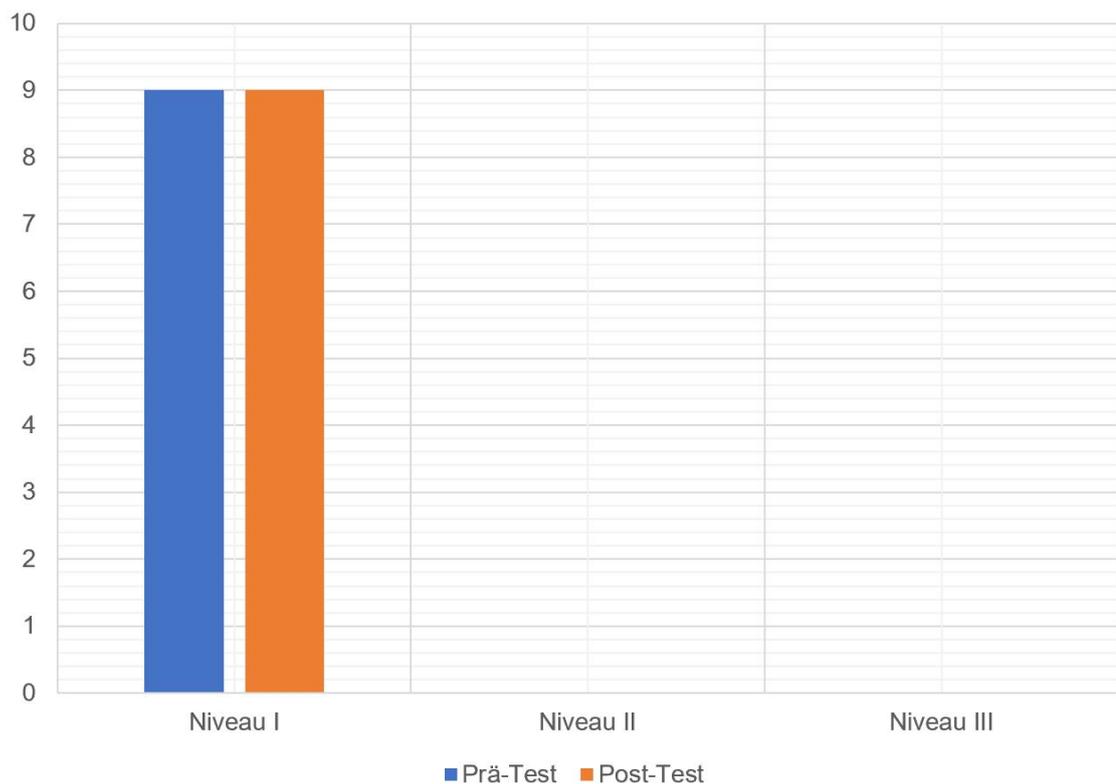


Abbildung 5.7: Niveaustufenverteilungen bei der Teilkompetenz *Beurteilen* der Gruppe F (N=9). Dargestellt wird die absolute Häufigkeit der Niveaustufenverteilung aufgegliedert nach Prä- und Post-Test. Die blauen Balken zeigen die Ergebnisse des Prä-Tests, während die orangefarbenen Balken die Ergebnisse des Post-Tests darstellen.

und nach der Intervention. Den Schülern fällt das Erkennen von ethischen Werten ins-

gesamt schwer, sodass es nur zu Umschreibungen dieser kommt. Dabei werden Werte implizit angedeutet, aber nicht explizit erkannt. Somit erreichen alle Schüler die Niveaustufe I. Beispielsweise beschreibt Nils (17) im Prä-Test den ethischen Wert der Individualität durch eine normative Aussage: „*Ein Mensch sollte einzigartig sein.*“ Es fehlt hier die Benennung des Werts. Außerdem wird nur ein Wert umschrieben, weshalb kein Wertekonflikt dargestellt wird. Somit erhält Nils im Prä-Test die Niveaustufe I. Nach der Intervention impliziert er einen anderen Wert: „*Ein Mensch wird verändert, ohne dass er selber Macht darüber hat.*“ Nils benennt hier den ethischen Wert der Selbstbestimmung. Trotz der Änderung des erkannten Werts ergibt sich keine Veränderung der Niveaustufe. Er bleibt bei einer Umschreibung ohne eine explizite Benennung und Begründung des Werts und erhält deswegen auch nach der Intervention die Niveaustufe I.

Auch bei anderen Schülern verändern sich vor und nach der Intervention die genannten ethischen Werte. So deutet Dirk (17) vor der Intervention die Werte Individualität, das Recht auf körperliche Unversehrtheit und Gleichberechtigung an. Nach der Intervention beschreibt er zusätzlich zum Recht auf körperliche Unversehrtheit auch die Sicherheit der Methode und die Gefährdung der Menschenwürde. Zwar geht Dirk auf mehrere Werte ein, aber er begründet diese nicht. Es kommt in seiner Ausführung nur zu einer Aufzählung der Werte. In welche Richtung er die Werte auslegt und ob sich für ihn daraus sogar ein Wertekonflikt ergibt, bleibt unklar. Auch wenn es sich um mehrere Werte handelt, die er jeweils von der Genom-Editierung berührt sieht, kann hier aufgrund der fehlenden Begründungen und Erläuterungen vor und nach der Intervention nur die Niveaustufe I vergeben werden. Interessant ist, dass Dirk der erste und einzige Schüler der bis jetzt vorgestellten Gruppen ist, der die Menschenwürde als relevanten Wert in dieser Situation erkennt. Kein weiterer Schüler in der Gruppe Fachwissen benennt diesen Wert. Weitere Werte, welche die Schüler der Gruppe Fachwissen in der Situation der keimbahnverändernden Genom-Editierung als relevant erachten, sind neben den schon genannten die Leidverringerung, die Natürlichkeit und die Gesundheit. Insgesamt ergeben sich vor und nach der Intervention nur wenige Veränderungen beim Erkennen ethischer Werte. Ein Großteil der Schüler beschreibt vor und nach der Intervention dieselben Werte. Sofern Veränderungen vorliegen, lassen sich auch weniger Werte oder verkürzte Antworten finden. Es lassen sich keine Werte erkennen, die bevorzugt vor oder nach der Intervention genannt werden.

Zusammenfassend ergeben sich keine Veränderungen in der Gruppe F. Die Schüler verbleiben sowohl auf ihren Niveaustufen als auch bei ihren erkannten ethischen Werten.

5.2.4 Kontrollgruppe

In der Kontrollgruppe wurde der gewohnte Fachunterricht fortgesetzt und somit keine gesonderte Intervention zur Bewertungskompetenz oder zu den fachlichen Grundlagen der Genom-Editierung durchgeführt. Auch in dieser Gruppe bleiben alle Schüler auf ih-

5 Darstellung der Ergebnisse

ren Niveaustufen. Drei Schüler erreichen die Niveaustufe I und zwei Schüler die Niveaustufe II (vgl. Abb. 5.8).

Niklas (16) erreicht vor und nach der Intervention die Niveaustufe II, da er sowohl ethi-

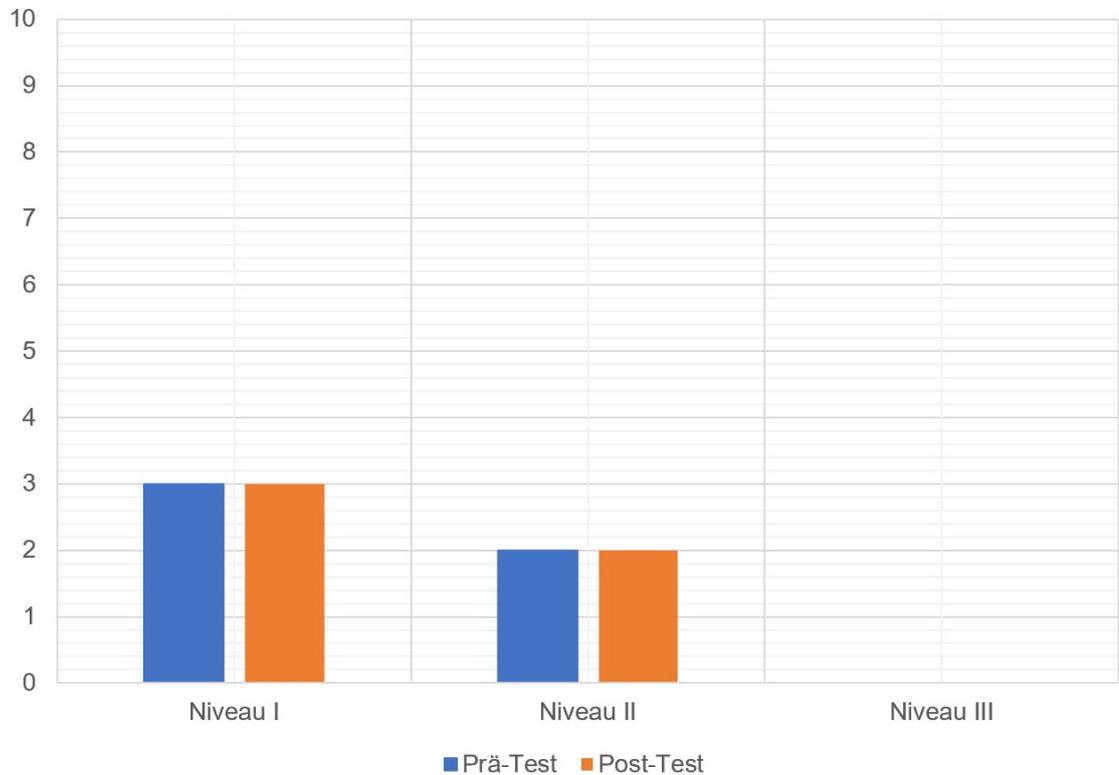


Abbildung 5.8: Niveaustufenverteilungen bei der Teilkompetenz *Beurteilen* der Gruppe K (N=5). Dargestellt wird die absolute Häufigkeit der Niveaustufenverteilung aufgegliedert nach Prä- und Post-Test. Die blauen Balken zeigen die Ergebnisse des Prä-Tests, während die orangefarbenen Balken die Ergebnisse des Post-Tests darstellen.

sche Werte benennen als auch begründen kann. Er begründet im Prä-Test den Wert der Selbstbestimmung, wobei er diesen als Meinungsfreiheit betitelt: „*Meinungsfreiheit: Jeder Mensch darf über seinen eigenen Körper entscheiden und darf nicht aufgrund einer Krankheit von anderen Personen verändert werden.*“ Im Zuge seiner Begründung wird klar, dass er den ethischen Wert der Selbstbestimmung umschreibt. Durch die Begründung, dass jeder Mensch über sich selbst entscheiden dürfe, erhält er die Niveaustufe II. Auch im Post-Test begründet er die Relevanz des Werts der Selbstbestimmung, wobei er ihn hier als Freiheit benennt: „*Freiheit, da jeder Mensch frei entscheiden kann, was er will. Außerdem spielt die Menschenwürde veränderter Menschen eine Rolle.*“ Die Begründung der Selbstbestimmung ist im Post-Test von Niklas etwas oberflächlicher gehalten. Da er aber noch einen weiteren Wert nennt, erhält er trotzdem die Niveaustufe II. Es ist interessant, dass auch Niklas die Menschenwürde als relevanten Wert erkennt. Somit ist er der zweite Schüler der gesamten Stichprobe, der diesen Wert nennt. Trotzdem führt er hier keine weitere Begründung an. Darüber hinaus wird nicht klar, ob dieser Wert verletzt oder gewahrt wird.

Neben der Selbstbestimmung und der Menschenwürde benennen die fünf Schüler der Kontrollgruppe die Natürlichkeit, die Gleichberechtigung, die Individualität, die Gesundheit, das Recht der körperlichen Unversehrtheit sowie die Leidverringerung als ethische Werte, die von der keimbahnverändernden Genom-Editierung berührt werden. Dabei gibt es nur selten Veränderungen zwischen den Werten in den Prä- und Post-Tests. Zusammenfassend verändert sich in der Kontrollgruppe nur wenig. Die erreichten Niveaustufen sind im Prä- und Post-Test gleich. Die erkannten Werte bleiben ebenfalls größtenteils bestehen.

5.2.5 Vergleich der Gruppen

Bei einer zusammenfassenden Betrachtung aller Interventionsgruppen fällt auf, dass die Gruppen FBW und BW nach der Intervention deutliche Kompetenzentwicklungen im Erkennen ethischer Werte zeigen. So können die Schüler dieser Gruppen nach der Intervention häufiger explizit Werte benennen und begründen. Im Zuge ihrer Erläuterungen kommt es auch vermehrt zu einer Darstellung von Wertekonflikten, sodass mehr Schüler die dritte Niveaustufe bei der Teilkompetenz *Beurteilen* erreichen.

In den weiteren Gruppen F und K lassen sich keine Veränderungen in den Niveaustufenverteilungen erkennen. Die Schüler haben sich somit im Rahmen dieser Teilkompetenz nicht weiterentwickeln können. Ähnlich wie bei der Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz* verkürzen sich im Post-Test größtenteils die Aussagen der Schüler dieser beiden Gruppen. Also haben sich bei dieser Teilkompetenz kaum inhaltliche Veränderungen ergeben. Die Schüler der Gruppen F und K haben sehr ähnliche ethische Werte als relevant erachtet. So haben sie vor allem die Selbstbestimmung, die Gesundheit, die Natürlichkeit, die Leidverringerung und die Individualität betrachtet. Außerdem spielt laut diesen Schülern die Sicherheit des Kindes und die der keimbahnverändernden Genom-Editierung eine wichtige Rolle. Nur wenige Schüler sehen das Recht auf körperliche Unversehrtheit und die Gleichberechtigung berührt, wobei die Gleichberechtigung nur von einem Schüler in der Kontrollgruppe genannt wurde. Auffallend ist, dass je ein Schüler der Gruppen F und K die Menschenwürde als relevanten Wert benennt. In beiden Fällen fehlt eine Begründung und Einordnung des Werts, ob er für oder gegen die Genom-Editierung spricht.

Die Schüler der Gruppe FBW und BW haben die Menschenwürde als Wert nicht erkannt. Dafür haben sie nach der Intervention mehr ethische Werte nennen und begründen können. Insgesamt haben diese Gruppen auch vielfältigere Werteanalysen durchgeführt. So kommen neben den oben genannten Werten noch die Gerechtigkeit, die Verantwortung und der wissenschaftliche Fortschritt hinzu. Darüber hinaus argumentieren mehr Schüler der Gruppen FBW und BW mit der Gesundheit neben der Leidverringerung als entscheidenden Wert für den Einsatz einer Genom-Editierung. Die Natürlichkeit und die Selbstbestimmung sind in diesen beiden Gruppen die häufigsten Werte, die ge-

5 Darstellung der Ergebnisse

gen den Einsatz der Genom-Editierung sprechen. Insgesamt wird die Natürlichkeit auch von mehr Schülern der Gruppen BW und FBW erläutert als in den Gruppen F und K. Wertekonflikte werden nur in den Gruppen FBW und BW erkannt. Dazu wird häufig der Wert Sicherheit analysiert. Dieser Wert kann sowohl für als auch gegen einen Einsatz der keimbahnverändernden Genom-Editierung sprechen, da die Sicherheit des Embryos einerseits durch Nebenwirkungen gefährdet oder andererseits durch den Schutz vor einer erblich bedingten Krankheit bewahrt werden kann. Diesen Konflikt haben die Schüler der Gruppen F und K nicht erkannt, obwohl auch hier die Sicherheit von einigen Schülern als relevanter Wert genannt wird.

Zusammengefasst wird deutlich, dass vor allem die Gruppen FBW und BW einen Kompetenzzuwachs aufweisen. Sie können in den Post-Tests detaillierte Erklärungen bieten und erkennen Wertekonflikte, was den Schülern der Gruppen F und K nicht gelingt. Auch in Bezug auf die Werte selbst haben sich die Schüler der Gruppen FBW und BW weiterentwickelt, da sie nach der Intervention tendenziell auf mehr Werte eingehen. Außerdem erkennen die Schüler der Gruppen F und K nach der Intervention weniger ethische Werte als die Schüler der anderen beiden Gruppen.

Im nächsten Abschnitt werden die Urteile der Schüler näher untersucht.

Zusammenfassung der Ergebnisse zur Teilkompetenz Beurteilen:

- Die Gruppen FBW und BW verbessern sich im Erkennen ethischer Werte und beschreiben Wertekonflikte.
- Die Gruppen F und K zeigen keine Veränderungen auf ihren Niveaustufen.

Induktive Kategorien/ ethische Werte:

- für die keimbahnverändernde Genom-Editierung:
 - Gesundheit (alle Gruppen)
 - Leidverringerung (alle Gruppen)
 - Sicherheit (alle Gruppen)
 - wissenschaftlicher Fortschritt (Gruppen: FBW, BW)
- gegen die keimbahnverändernde Genom-Editierung:
 - Selbstbestimmung (alle Gruppen)
 - Natürlichkeit (alle Gruppen)
 - Individualität (alle Gruppen)
 - Sicherheit (alle Gruppen)
 - Recht auf körperliche Unversehrtheit (alle Gruppen)
 - Gleichberechtigung (alle Gruppen)
 - Gerechtigkeit (Gruppen: FBW, BW)
 - Verantwortung (Gruppen: FBW, BW)
 - Menschenwürde (Gruppen: F, K)

5.3 Wie verändert sich die Begründung des eigenen Urteils?

Die Kompetenzentwicklung zur Teilkompetenz *Urteilen* wurde mit einer offenen Fragestellung nach der Entscheidung für oder gegen die Methode der Genom-Editierung erhoben (vgl. Kapitel 4.2.2). Dabei wurde explizit auch eine Begründung des Urteils und die Berücksichtigung von möglichen Gegenargumenten eingefordert. Die Teilkompetenz gliedert sich in die Niveaustufen I, II und III. Charakteristisch für die niedrigste Niveaustufe I ist die Nennung des eigenen Urteils ohne weitere oder lediglich vage Begründungen. Einfache Begründungen des eigenen Urteils mit impliziten Wertebezügen sind maßgebend für die zweite Niveaustufe. In der dritten und höchsten Niveaustufe gelingt eine umfassende Begründung des eigenen Urteils unter Abwägung von Pro- und Contra-Argumenten, die darüber hinaus einen Wertebezug aufweisen.

Insgesamt haben alle 32 Jugendlichen sich ein Urteil zur keimbahnverändernden

Tabelle 5.3: Die Niveaustufen der Teilkompetenz *Urteilen* vor und nach den Interventionen angegeben in absoluten Häufigkeiten.

Niveau	Prä-Test	Post-Test
Niveau I	40	18
Niveau II	28	41
Niveau III	10	18

Genom-Editierung gebildet, wobei sowohl im Prä-Test als auch im Post-Test alle Niveaustufen abgebildet wurden (vgl. Tab. 5.3). Insgesamt konnten 155 Textstellen der Teilkompetenz *Urteilen* zugeordnet werden. Es zeigt sich, dass nach der Intervention den Schülern häufiger eine Begründung des eigenen Urteils gelingt, wobei seltener Abwägungen von Pro- und Contra-Argumenten und nur implizite Wertebezüge erfolgen.

In der Tabelle 5.4 sind die Entscheidungen der Jugendlichen sortiert nach Prä- und Post-Test dargestellt. Während es in der Gruppen FBW im Post-Test zu Neubeurteilungen kommt, bleiben die Schüler der Gruppen BW, F und Kontrolle (K) in beiden Tests bei ihren Entscheidungen.

Insgesamt sind vor der Intervention drei Schüler für und fünf Schüler der Gruppe FBW gegen den Einsatz der keimbahnverändernden Genom-Editierung. Ein Schüler dieser Gruppe entscheidet sich nach der Intervention zusätzlich für den Einsatz der Genom-Editierung und ein weiterer Schüler dieser Gruppe zeigt sich unentschlossen. Somit sind in der Gruppe FBW nach der Intervention vier Schüler für und drei Schüler gegen den Einsatz der Genom-Editierung, während sich ein Schüler nicht eindeutig entscheiden kann. In der Gruppe BW bleiben die Schüler sowohl vor als auch nach der Intervention bei ihrer Entscheidung. Es entscheiden sich in dieser Gruppe drei Schüler für und sechs Schüler gegen die Genom-Editierung. Ein Schüler dieser Gruppe ist unentschlossen, ob er die keimbahnverändernde Genom-Editierung einsetzen würde oder nicht. Auch in den Gruppen F und K bleiben die Schüler bei ihren Entscheidungen. Während in der

Gruppe F zwei Schüler für die Genom-Editierung, sechs Schüler gegen diese und ein Schüler dieser unentschlossen gegenüber ist, entscheiden sich in der Kontrollgruppe zwei Schüler für und ein Schüler gegen die Genom-Editierung. Zwei Schüler der Gruppe K kommen zu keiner eindeutigen Entscheidung. Zusammengefasst zeigt sich, dass die Schüler der Gruppen Fachwissen und Bewertung (FBW), Bewertung (BW) und Fachwissen (F) häufiger gegen die Genom-Editierung entscheiden. Insgesamt kommt es nur in der Gruppe FBW zu Umentscheidungen. In allen anderen Gruppen bleiben die Schüler sowohl vor als auch nach der Intervention bei ihren Entscheidungen.

Tabelle 5.4: Entscheidung der Jugendlichen bezüglich eines Einsatzes der keimbahnverändernden Genom-Editierung.

	Test	Gruppe Fachwissen und Bewertung (FBW)	Gruppe Bewertung (BW)	Gruppe Fachwissen (F)	Kontrollgruppe (K)
Für einen Einsatz	Prä-Test	3	3	2	2
	Post-Test	4	3	2	2
Gegen den Einsatz	Prä-Test	5	6	6	1
	Post-Test	3	6	6	1
keine eindeutige Entscheidung	Prä-Test	/	1	1	2
	Post-Test	1	1	1	2

Welche Argumente die Jugendlichen zur Fällung ihres Urteils heranziehen, wird in der folgenden Ergebnisdarstellung für jede Gruppe verdeutlicht.

5.3.1 Gruppe Fachwissen und Bewertung

Die Gruppe Fachwissen und Bewertung (FBW) erhielt eine Intervention, die 180 Minuten dauerte und sowohl fachliche als auch ethische Aspekte der Genom-Editierung beinhaltete. Während vor der Intervention zwei Schüler das Niveau I, drei Schüler das Niveau II und ebenfalls drei Schüler das Niveau III erreichen, so verbleibt nach der Intervention kein Schüler auf dem Niveau I (vgl. Abb. 5.9). Dafür erreichen jeweils vier Schüler die Niveaus II und III.

Insgesamt konnten sich drei Schüler verbessern und eine Schülerin verschlechtert sich von Niveau III zu Niveau II. Karin (16) berücksichtigt nach der Intervention keine Gegenargumente zu ihrem Urteil, weshalb sie nach der Intervention die Niveaustufe II

5 Darstellung der Ergebnisse

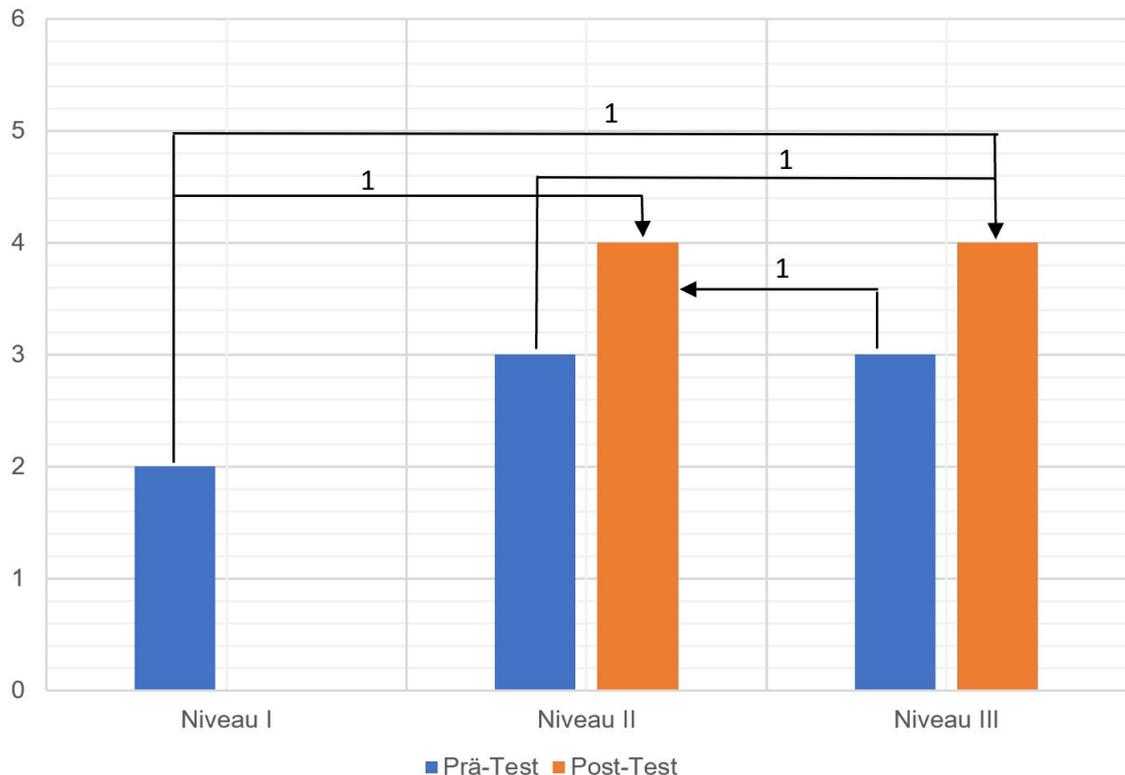


Abbildung 5.9: Niveaustufenverteilungen bei der Teilkompetenz *Urteilen* der Gruppe FBW (N=8). Dargestellt wird die absolute Häufigkeit der Niveaustufenverteilung aufgedgliedert nach Prä- und Post-Test. Die blauen Balken zeigen die Ergebnisse des Prä-Tests, während die orangefarbenen Balken die Ergebnisse des Post-Tests darstellen. Durch die Pfeile wird die Zu- oder Abwanderung einzelner oder mehrerer Schüler visualisiert.

erhält. Vor der Intervention beschreibt sie ihr Urteil umfassender und betrachtet auch Gegenargumente, weshalb sie hier die Niveaustufe III erreicht.

Lara verbessert sich von Niveau I auf Niveau III. Während sich Lara (17) vor der Intervention ganz klar gegen die Genom-Editierung entscheidet, ändert sie nach der Intervention ihre Meinung und würde die Genom-Editierung unter klaren Regelungen einsetzen. Dabei begründet sie ihr Urteil vor der Intervention eher intuitiv in Bezug auf die unvorhersehbaren Nebenwirkungen der Genom-Editierung: „*Ich würde mich dagegen entscheiden, weil ich den Eingriff in den Menschen sowie das Risiko, Weiteres zu beschädigen, zu groß finde.*“ Laras Urteil zeichnet sich hier durch eine knappe und oberflächliche Begründung aus. Darüber hinaus fehlt eine Betrachtung von Gegenargumenten. Der normative Gehalt der Begründung ist ebenfalls undeutlich, weshalb sie insgesamt das Niveau I bei der Teilkompetenz *Urteilen* erreicht. Nach der Intervention begründet sie ihr Urteil mit einem expliziten Wertebezug und unter Berücksichtigung eines Gegenarguments zu ihrer Position: „*Ich würde mich für eine Genom-Editierung entscheiden, jedoch nur im Falle einer schweren Krankheit, um den wissenschaftlichen Fortschritt zu nutzen und die Vererbbarkeit von Krankheiten zu verhindern. Wenn es jedoch darum geht, den Menschen zu ‚perfektionieren‘, bin ich ganz klar dagegen, weil das meiner Meinung nach nicht korrekt ist. Außerdem ist eine*

Grenzfindung hierbei schwer.“ Mit Hilfe der Werte Fortschritt und Gesundheit entscheidet sich Lara zunächst für die Genom-Editierung. Dabei ist ihr durchaus bewusst, dass ein Missbrauch der Genom-Editierung zur Perfektionierung von Menschen führen könnte. Diese müssten durch Regelungen ausgeschlossen werden. Durch diese Argumentation, in der sie Gegenargumente berücksichtigt und auch explizit ethische Werte einbezieht, erhält sie nach der Intervention die Niveaustufe III. Dabei spielt die Umentscheidung keine Rolle.

Die zwei weiteren Schüler, die sich verbesserten, haben sich jeweils um eine Niveaustufe gesteigert. So verbesserte sich Nicole (17) von Niveaustufe I auf die Niveaustufe II und Karolin (17) von der Niveaustufe II auf die Niveaustufe III. Beide Schülerinnen können ähnlich wie Lara ihre Urteile besser begründen, wobei Karolin (17) nach der Intervention auch Gegenargumente und normative Aussagen in ihr Urteil einbindet. Die weiteren fünf Schüler verbleiben in ihren Ausgangsniveaustufen.

Ähnlich wie Lara entscheiden sich noch drei weitere Schüler zwischen Prä- und Post-Test um, wobei sich zwei Schüler wie Lara vorher gegen die Genom-Editierung entscheiden und nach der Intervention dann für einen regulierten Einsatz dieser sind. Eine Schülerin spricht sich vor der Intervention für die Genom-Editierung und nach dieser dagegen aus. Die übrigen vier Schüler bleiben bei ihren Entscheidungen, von denen zwei für und zwei gegen die Genom-Editierung argumentieren.

Die Schüler, die sich zuvor gegen die Genom-Editierung und später dann für diese entscheiden, sehen vor allem die unkalkulierbaren Nebenwirkungen als Argument gegen die keimbahnverändernde Genom-Editierung an. Darüber hinaus wird auch die fehlende Selbstbestimmung des Kindes angeführt. Nach der Intervention werden neben diesen Punkten auch die Gesundheit des späteren Menschen und die Leidverringerung für alle Beteiligten diskutiert. Zusätzlich erkennt Karolin (17) im Post-Test die Chance der Methode, *„trotz Krankheit ein gesundes Kind bekommen zu können“* (Karolin, 17, Post-Test).

Für die drei Schülerinnen, die sich nach der Intervention doch für die Genom-Editierung entscheiden, überwiegen die positiven Aspekte der Genom-Editierung. Dabei sind sie sich einig, dass es eine Regulierung der Genom-Editierung geben muss, damit diese nicht zur Optimierung des Menschen genutzt wird. Auch die beiden Schülerinnen, die sich schon zuvor für die Genom-Editierung aussprechen, fordern eine solche Regulierung. Darüber hinaus sehen sie auch die Gefahr der Nebenwirkungen. Clarissa (17) beschreibt in ihrem Urteil im Prä-Test die Gefahr, dass es durch die Ausrottung von Krankheiten *„immer mehr Menschen geben“* würde. Diesen Gedanken einer möglichen Überbevölkerung der Erde thematisiert sie als einzige. Nach der Intervention beschreibt Clarissa, dass im Sinne der sozialen Gerechtigkeit *„die Kostenübernahme jedoch geklärt sein“* müsste.

Gegen die Genom-Editierung spricht neben den schon erwähnten Punkten zusätzlich die Widernatürlichkeit des entstehenden Menschen. Dabei führt Lisa (17) im Prä-Test an, dass ein editiertes Kind seinen Eltern nicht mehr ähnlich sehen könnte, da diese Ähnlichkeit durch die Genom-Editierung unabsichtlich verloren gehen könne. Auch Nicole (17) nutzt diese Verfremdung des eigenen Kindes als Gegenargument zu ihrer Position für die Genom-Editierung. Sie kommt allerdings zu dem Schluss, dass eine Entscheidung

für die Genom-Editierung „in Relation zu dem Kinderwunsch die bessere Entscheidung wäre.“ Zusammengefasst lassen sich Kompetenzverbesserungen feststellen. Dennoch fällt der Kompetenzanstieg bei dieser Teilkompetenz geringer aus als bei der Teilkompetenz *Beurteilen*. Die Gründe für und gegen eine Genom-Editierung sind sehr vielseitig von den Schülern dargestellt worden, wobei sich die alle einig sind, dass, wenn die Genom-Editierung erlaubt würde, diese reguliert werden müsse. Darüber hinaus müssen die Nebenwirkungen stärker erforscht werden, damit die Genom-Editierung tatsächlich die Chance einer Leidverringerung böte. Trotzdem bleibe die Genom-Editierung ein unnatürlicher Eingriff ins Leben des Embryos, über den es nicht selbst entscheiden konnte.

5.3.2 Gruppe Bewertung

In der Gruppe Bewertung (kurz: BW), welche die Intervention zur Schulung der Bewertungskompetenz (90 Minuten) erhielt, urteilen vor der Intervention jeweils zwei Schüler auf der Niveaustufe I und III und sechs Schüler auf der Niveaustufe II. Nach der Intervention erreichen jeweils fünf Schüler die Niveaustufen II und III bei der Teilkompetenz *Urteilen*. Es verbleibt also kein Schüler auf der Niveaustufe I (vgl. Abb. 5.10).

Insgesamt konnten sich in der Gruppe BW sechs Schüler verbessern und ein Schüler verschlechterte sich in seiner Darstellung des eigenen Urteils von der Niveaustufe III auf die Niveaustufe II. Drei Schüler verblieben auf ihren Niveaustufen, wobei eine Schülerin auf der Niveaustufe III verbleibt und die übrigen zwei auf der Niveaustufe II.

Jan (17) verschlechterte sich bei dieser Teilkompetenz, da er sein Urteil im Prä-Test deutlich ausführlicher und unter Abwägung von Pro- und Contra-Argumenten begründete: „Für die Genom-Editierung spricht die Heilung von Erbkrankheiten und eine mögliche Verbesserung eines Lebens. Gegen die Genom-Editierung spricht, dass der Mensch nicht verändert werden sollte, da keine spezifischen Werte über verschiedene Menschen getroffen werden. Außerdem ist der Mensch ein Einzelstück und es gibt keinen perfekten Menschen. Insgesamt würde ich die Genom-Editierung also nicht durchführen lassen.“ Neben der Betrachtung von Pro- und Contra-Argumenten bezieht Jan auch ethische Werte mit ein, auch wenn er diese nur implizit nennt. So sind die Gesundheit des Menschen und die Leidverringerung als Pro-Argumente anzusehen. Gegen die Genom-Editierung spricht für Jan vor allem der Wert der Individualität. Was genau er mit dem Treffen von spezifischen Werten über Menschen meint, bleibt unklar. Möglicherweise sieht er die Gefahr, dass editierte Menschen in der Gesellschaft als wertvoller angesehen werden könnten. Dann wäre Jan wichtig, dass jeder Mensch gleich wertvoll für die Gesellschaft sei und als gleichberechtigt gelte. Aufgrund dieser ausführlichen Begründung mit unterschiedlichen Argumenten und Wertebezügen erhält Jan im Prä-Test die Niveaustufe III.

Nach der Intervention fasst Jan sich deutlich kürzer und begründet sein Urteil nicht mehr so umfassend: „Nein, der Mensch hat seit Jahrhunderten überlebt und wird es auch weiterhin. Nur weil wir die Chance haben, die Genom-Editierung anzuwenden, müssen wir es

5 Darstellung der Ergebnisse

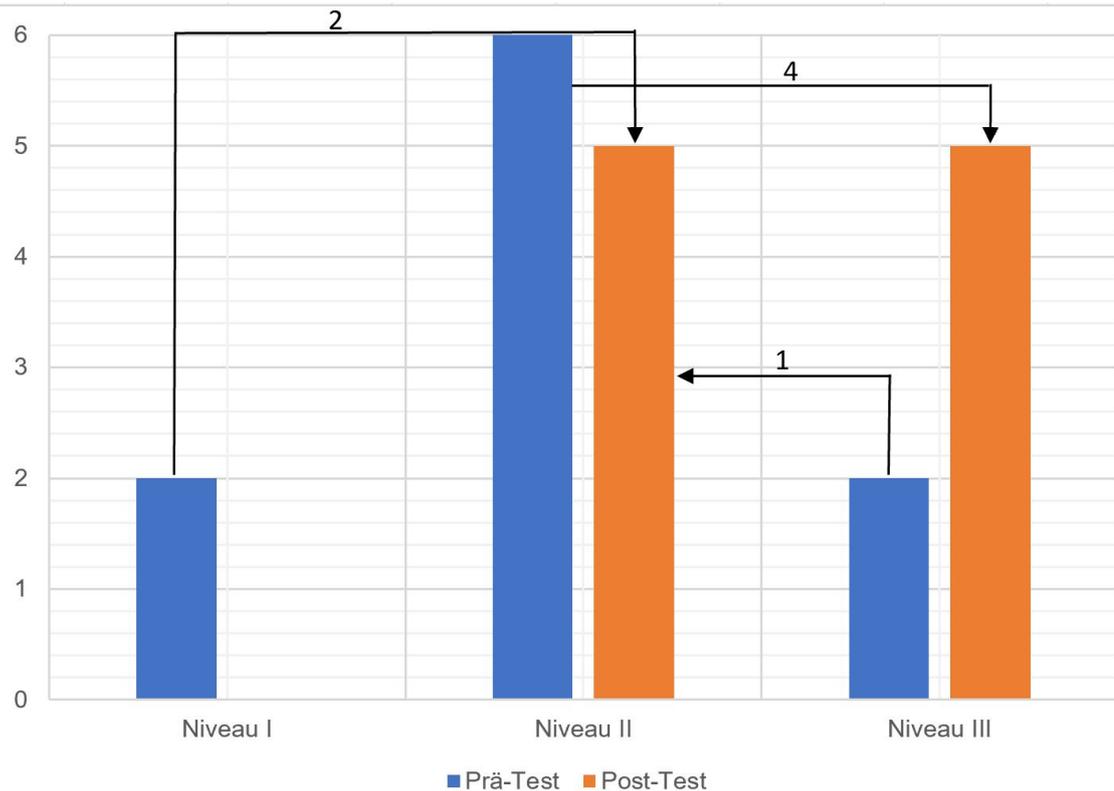


Abbildung 5.10: Niveaustufenverteilungen bei der Teilkompetenz *Urteilen* der Gruppe BW (N=10). Dargestellt wird die absolute Häufigkeit der Niveaustufenverteilung aufgeschlüsselt nach Prä- und Post-Test. Die blauen Balken zeigen die Ergebnisse des Prä-Tests, während die orangefarbenen Balken die Ergebnisse des Post-Tests darstellen. Durch die Pfeile wird die Zu- oder Abwanderung einzelner oder mehrerer Schüler visualisiert.

nicht tun.“ Zwar bezeichnet Jan die Genom-Editierung im Post-Test auch als Chance, geht aber nicht weiter auf diese ein. Insgesamt verändert sich seine ablehnende Haltung nicht, wobei seine Äußerung nach der Intervention allgemeiner und sein Urteil durch eine konservative Ablehnung gegenüber der Veränderung des Menschen begründet ist. Für Jan scheint es wichtig, dass der Mensch sich weiterhin natürlich entwickeln kann. Auch wenn ethische Werte wie die Natürlichkeit in seiner Ausführung Anklang finden, so ist sein Urteil insgesamt nur sehr knapp begründet, weshalb er nach der Intervention nur noch die Niveaustufe II erhält.

Die Mehrheit der Schüler konnte sich allerdings verbessern. Beispielsweise betrachtet Svenja (17) vor der Intervention ausschließlich Argumente, die gegen die Genom-Editierung sprechen, um ihre Entscheidung zu untermauern: „Ich würde mich gegen eine Genom-Editierung entscheiden, da es ein sehr hohes Risiko ist, dass das entstehende Kind Schäden davonträgt und diese Schäden erst ganz spät erkennbar sind. Außerdem kann dieses Verfahren auch gegen den Menschen verwendet werden.“ Im Prä-Test sieht Svenja hauptsächlich eine Gefahr für das Kind und dessen Gesundheit. Darüber hinaus äußert sie die Bedenken, dass die Methode missbraucht werden könnte, um dem Menschen zu schaden. Da sie allerdings keine Argumente für die Gegenposition in Betracht zieht, erhält sie im Prä-Test

die Niveaustufe II. Nach der Intervention begründet sie ihr Urteil ausführlicher und berücksichtigt sowohl Pro- als auch Contra-Argumente zu ihrer Position. Darüber hinaus gelangen Svenja im Post-Test Wertebefragungen zu den Werten Selbstbestimmung, Leidverringerung und Gesundheit. Aus diesen Gründen erhält sie nach der Intervention die Niveaustufe III. Da Svenja weiterhin die Gefahr in der Genom-Editierung sieht, dass diese Methode missbraucht werden könnte und die Risiken des Eingriffs ihr noch zu groß erscheinen, entscheidet sie sich nach wie vor gegen die Genom-Editierung. Trotzdem würde sie ihr Urteil neu bilden, falls die unvorhersehbaren Nebenwirkungen vollständig behoben wären: *„Zwar könnte vielleicht Krankheiten vorgebeugt werden und dadurch weniger Leid und mehr Gesundheit bei den Menschen vorkommen, doch ist die Ungewissheit zu groß, welche Folgen durch die GE entstehen würden. Außerdem nimmt man dem Menschen die Wahlfreiheit und zusätzlich jeglichen Menschen, die danach kommen. Die Gefahr ist zu groß, dass bei der Erlaubnis die GE ausgenutzt und für andere Zwecke wie kosmetische Eingriffe verwendet wird. Nur wenn man wissen würde, ob die GE noch andere Auswirkungen auf das entstehende Kind hat und die gleich null sind, könnte ich meine Entscheidung noch einmal überdenken.“* Mit Wahlfreiheit meint Svenja die Selbstbestimmung des Kindes.

Ähnlich wie Jan und Svenja sehen auch weitere Schüler eine Gefahr, dass die Genom-Editierung zur Optimierung des Menschen missbraucht werden könnte. Hier fordern die Schüler Grenzen und Regulierungen der Genom-Editierung, damit *„nicht auf Wunsch Aussehen und Verhalten [der Kinder] angepasst werden“* (Antje, 16, Prä-Test). Diesen Aspekt beschreiben sowohl Schüler, die sich gegen die Genom-Editierung, als auch Schüler, die sich für die Genom-Editierung entscheiden.

Insgesamt entscheiden sich drei Schüler sowohl vor als auch nach der Intervention für die Genom-Editierung und sechs Schüler dagegen. Ein Schüler (Peter, 17) bezieht in beiden Tests keine klare Stellung und ist somit unentschieden bezüglich eines Einsatzes der Genom-Editierung. Peter sieht in seinem Urteil sowohl Chancen als auch die Risiken eines Einsatzes der keimbahnverändernden Genom-Editierung und kann aus diesem Grund keine eindeutige Entscheidung fällen. Er stellt dabei unter anderem die körperliche Unversehrtheit des Kindes der fehlenden Individualität gegenüber.

Neben der fehlenden Individualität und Selbstbestimmung des ungeborenen Kindes sprechen laut den Schülern auch die unvorhersehbaren Nebenwirkungen, die ein Sicherheitsrisiko für das Ungeborene darstellen, gegen die Genom-Editierung. Darüber hinaus ist es eine Frage der Risikoabwägung, ob man sich für oder gegen die Genom-Editierung entscheiden sollte. Dabei *„muss jedoch abgewägt werden, wie schlimm die eventuell vererbte Krankheit ist und wie groß das Risiko ist, dass diese Krankheit auch vererbt wird“* (Bianca, 16, Prä-Test). Somit fordern die Schüler hier Einzelfallentscheidungen und weitere Regulierungen der Genom-Editierung. Gegen die Genom-Editierung spricht auch, dass die genetische Vielfalt der Menschen verloren gehe (Matthias, 17, Post-Test). Ergänzend dazu ist Bianca (16) die Veränderung der DNA des Kindes und somit auch der nachfolgenden Generationen generell suspekt.

Die Schüler, die sich für die Genom-Editierung entschieden haben, kritisieren zwar auch die unvorhersehbaren Nebenwirkungen der Genom-Editierung, sehen aber die mögliche

Gesundheit und Leidverringerung als wichtiger an. Antje (16) geht dabei im Post-Test sogar soweit, zu sagen, *„dass jeder dasselbe Recht hat, gesund auf die Welt zu kommen.“* Dieses Recht auf Gesundheit fordert Antje als einzige. Dies zeigt, dass ihr die Gesundheit besonders wichtig ist, weshalb die Entscheidung für die Genom-Editierung ausfällt. Darüber hinaus sieht Antje in der Genom-Editierung *„eine Chance für kranke Eltern [...], ein gesundes Kind zur Welt zu bringen und ihre Krankheit nicht weiterzuerben“* (Post-Test). Auch Tiara (17) sieht diese Chance der Genom-Editierung. Insgesamt fordern alle Schüler, die sich für die Genom-Editierung entschieden haben, eine Anwendung ausschließlich im Sinne der Erhaltung der Gesundheit.

Zusammengefasst lassen sich bei den Schülern dieser Gruppe Verbesserungen bei der Teilkompetenz *Urteilen* feststellen, sodass nach der Intervention kein Schüler mehr die Niveaustufe I erhält. In dieser Gruppe sprechen sich mehr Schüler gegen die Genom-Editierung aus als dafür. Die Gründe und Argumente, welche die Schüler für ihr Urteil nutzen, sind dabei sehr vielseitig. Vor allem spricht die Gesundheit des Kindes für den Einsatz der Genom-Editierung. Eine Regulierung, um einen Missbrauch der Genom-Editierung zu verhindern, wäre dabei für die meisten Schüler unerlässlich. Besonders die Nebenwirkungen aber auch der Verlust an Individualität und Selbstbestimmung lassen die meisten Schüler in dieser Gruppe vor einer Anwendung der Genom-Editierung zurückschrecken.

5.3.3 Gruppe Fachwissen

Die am Fachwissen orientierte Intervention (90 Minuten) erhielten die neun Schüler aus der Gruppe Fachwissen. Hier wurden keinerlei Aspekte der Bewertungskompetenz angesprochen, sondern ausschließlich die Methode der Genom-Editierung näher vorgestellt und untersucht. Bei der Teilkompetenz *Urteilen* gibt es keine Veränderungen in den Niveaustufenverteilungen (vgl. Abb. 5.11). Vier Schüler erreichen die Niveaustufen I und fünf Schüler erreichen die Niveaustufe II.

Dirk (17) urteilt vor und nach der Intervention auf der Niveaustufe II. Im Prä-Test begründet er sein Urteil umfassend, in der er implizit auf den ethischen Wert Individualität und das moralische Problem des Eingriffs in das Erbgut eines Menschen eingeht: *„Ich entscheide mich gegen die Genom-Editierung. In das Erbgut eines Menschen sollte nicht eingegriffen werden, um ihn ‚perfekter‘ zu machen. Jeder Mensch ist so gut, wie er geboren wurde und muss so akzeptiert werden, wie er ist. Weiterhin wäre das Leben der Menschen sehr langweilig, wenn alle Menschen gleich wären und keine Interessenskonflikte mehr auftreten. In der heutigen Welt kann man auch gut mit Krankheiten und/oder Behinderungen leben. Man muss sie nicht abschaffen. Viele Menschen sind zufrieden, wie sie sind und wollen nicht anders oder gar ‚normal‘ oder ‚perfekt‘ sein.“* Dirk beschreibt in seinem Urteil keine möglichen Gegenargumente. Besonders der erste Teil seines Urteils weist einen Wertebezug sowie eine moralische Forderung auf. Aufgrund der fehlenden Gegenargumente erhält er trotzdem

5 Darstellung der Ergebnisse

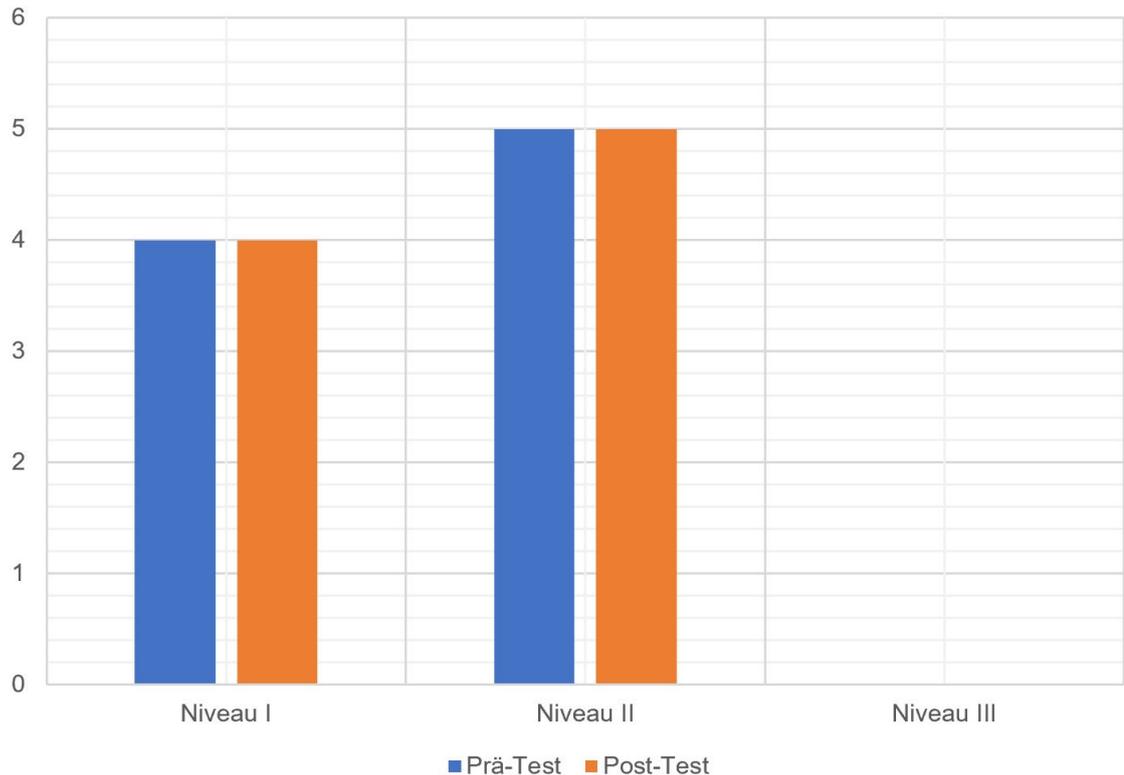


Abbildung 5.11: Niveaustufenverteilungen bei der Teilkompetenz *Urteilen* der Gruppe F (N=9). Dargestellt wird die absolute Häufigkeit der Niveaustufenverteilung aufgeschlüsselt nach Prä- und Post-Test. Die blauen Balken zeigen die Ergebnisse des Prä-Tests, während die orangefarbenen Balken die Ergebnisse des Post-Tests darstellen.

die Niveaustufe II, auch wenn Teile seines Urteils auf ein höheres Niveau hinweisen. In seinem Urteil nach der Intervention fehlen die moralischen Forderungen genau wie die Gegenargumente, sodass er im Post-Test weiterhin die Niveaustufe II erreicht: *„Ich entscheide mich gegen die Genom-Editierung. Die Folgen der Genom-Editierung können nicht abgeschätzt werden, sodass es viele Folgen geben kann, die nicht bekannt sind. Außerdem kann die Methode nicht nur benutzt werden, um Erbkrankheiten zu verhindern, sondern man wird mit dieser Methode später wohl die ganzen Menschen den eigenen Idealen anpassen können. Da geht der Wert eines Menschen so weit zurück, dass der Nutzen mich nicht überzeugen kann.“* Insgesamt ist das Urteil von Dirk im Post-Test etwas kürzer, weshalb auch der Wertebezug weniger deutlich wird. Zwar kann immer noch der Wert Individualität und vielleicht auch die Sicherheit erkannt werden, doch ist hier mehr Interpretation nötig als vor der Intervention. Sein Urteil ist nach der Intervention eher auf Tatsachen beruhend. Offen bleibt in seinem Urteil auch, was er unter dem Wert eines Menschen versteht. Das Urteil von Dirk weist zwar auch nach der Intervention implizite Wertebezüge auf, trotzdem ist das Urteil insgesamt etwas oberflächlicher. Da zusätzlich die Gegenargumente fehlen, erhält Dirk im Post-Test die Niveaustufe II.

Inhaltlich sieht Dirk vor allem die Gefahr eines Missbrauchs hinter der Genom-Editierung, sodass am Ende diese Methode zur Optimierung von Menschen genutzt werden könn-

te. Darüber hinaus ergänzt er im Post-Test die unvorhersehbaren Nebenwirkungen der Genom-Editierung. Auch die meisten anderen Schüler dieser Gruppe gehen auf die unvorhersehbaren Nebenwirkungen der Methode ein. Allerdings werden diese auch schon vor der Intervention als Problem gesehen. Darüber hinaus wird der Missbrauch der Methode zur Optimierung von Menschen ebenfalls von einigen weiteren Schülern thematisiert. Ergänzend dazu beschreibt Marion (17) im Prä-Test, dass der Mensch „von sich aus böse“ sei, weshalb sie sich gegen die Genom-Editierung zum Schutz vor einem Missbrauch entscheidet. Insgesamt entscheiden sich sowohl vor als auch nach der Intervention sechs der neun Schüler gegen die Genom-Editierung, wobei sie neben den schon genannten Gründen auch auf die Widernatürlichkeit der Methode eingehen.

Für die Genom-Editierung sprechen sich in beiden Tests zwei Schüler dieser Gruppe aus. Sie sehen auch die Gefahr, dass Menschen durch die Genom-Editierung optimiert werden könnten. In diesem Fall fordern sie eine Regulierung der Genom-Editierung ausschließlich zur Heilung und Prävention von Erbkrankheiten. Darüber hinaus kann die Genom-Editierung auch eine Leidverringerung bringen.

Ein Schüler ist hinsichtlich dem Einsatz der Genom-Editierung unentschieden. Joachim (17) hält „die Idee der Genom-Editierung von der Theorie her für sinnvoll und gut, jedoch weiß man nicht, wie sich dies in der Praxis auswirkt“ (Prä-Test). Durch die ungewissen Nebenwirkungen fällt es Joachim schwer, sich für eine Seite zu entscheiden. Auch nach der Intervention bleibt er aus diesen Gründen unentschlossen, ob er die Genom-Editierung einsetzen würde oder nicht.

Zusammengefasst gibt es in dieser Gruppe keine Änderung in der Niveaustufenverteilung vor und nach der Intervention. Hauptsächlich nutzen die Schüler die Nebenwirkungen und den Missbrauch der Methode als Gründe gegen eine Genom-Editierung. Für eine Genom-Editierung sprechen die Leidverringerung und die Gesundheit des Kindes.

5.3.4 Kontrollgruppe

In dieser Gruppe wurde der gewohnte Fachunterricht fortgesetzt und somit keine Intervention zur Bewertungskompetenz oder zu den fachlichen Grundlagen der Genom-Editierung durchgeführt. Vier Schüler erreichen vor der Intervention die Niveaustufe II (vgl. 5.12). Ein Schüler erhält in beiden Tests die Niveaustufe I für die Teilkompetenz *Urteilen*. Nach der Intervention verschlechtert sich ein Schüler von der Niveaustufe II auf die Niveaustufe I. Die übrigen drei Schüler urteilen auch nach der Intervention auf der Niveaustufe II.

Moritz (17) verschlechtert sich bei der Teilkompetenz *Urteilen* im Post-Test, da seine Begründung nach der Intervention ohne Wertebezug ausfällt. Im Prä-Test geht er implizit auf die Werte der Selbstbestimmung, Leidverringerung und Gesundheit ein, auch wenn die Begründung insgesamt vage bleibt: „Ich bin der Meinung, dass dies eine hilfreiche Metho-

5 Darstellung der Ergebnisse

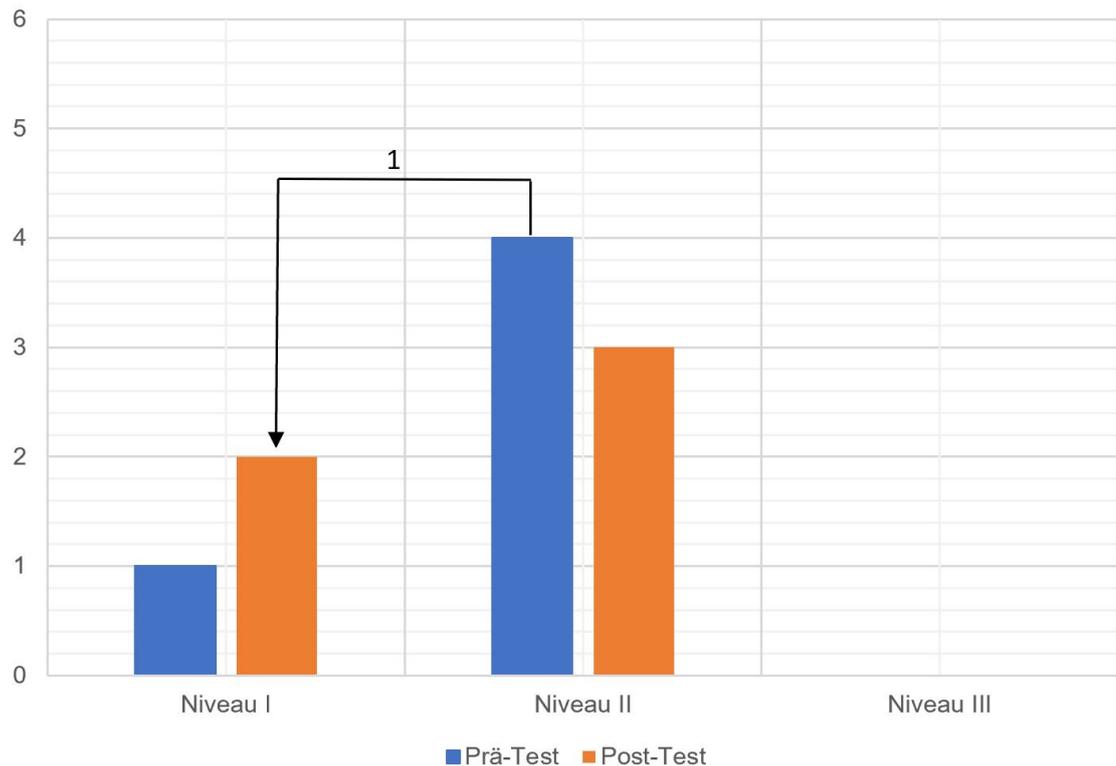


Abbildung 5.12: Niveaustufenverteilungen bei der Teilkompetenz *Urteilen* der Gruppe K (N=5). Dargestellt wird die absolute Häufigkeit der Niveaustufenverteilung aufgegliedert nach Prä- und Post-Test. Die blauen Balken zeigen die Ergebnisse des Prä-Tests, während die orangefarbenen Balken die Ergebnisse des Post-Tests darstellen. Durch die Pfeile wird die Zu- oder Abwanderung einzelner oder mehrerer Schüler visualisiert.

de sein kann, um kranken Kindern zu helfen. Vor allem zu dieser Zeit, in der Mobbing ziemlich großgeschrieben wird. Jedoch ist dies moralisch so nicht vertretbar. Natürlich kann man nicht warten, bis das Kind selbst entscheiden kann, aber so geht es auch nicht.“ Insgesamt wird Moritz' Haltung der Genom-Editierung gegenüber nicht deutlich, weshalb er als unentschieden eingestuft wird. Zwar betrachtet Moritz auch Argumente, die für die Genom-Editierung sprechen und impliziert ethische Werte, doch bleibt seine Begründung oberflächlich. Aus diesen Gründen erhält er die Niveaustufe II im Prä-Test. Nach der Intervention bezieht sich Moritz nicht mehr auf Werte und auch die Begründung seines Urteils ist unsachlich und albern: „Das müsste man am Können der Ärzte festmachen. Wenn sie zu blöd sind, hat (ich nenne ihn mal Fritzchen) Fritzchen ein Leben, in dem er Sand futtert und an verregneten Sonntagnachmittagen an der Steckdose lutscht. Wenn die Ärzte zu Übermenschen mutieren, hat Fritzchen bei der Geburt ein breiteres Kreuz als sein Vater und besitzt den Puff, in dem er sonst gearbeitet hätte.“ Anhand dieses Urteils wird keine eindeutige Haltung gegenüber der Genom-Editierung deutlich. Durch den fehlenden Wertebezug und die unsachliche Begründung erhält Moritz nach der Intervention die Niveaustufe I bei der Teilkompetenz *Urteilen*.

Die übrigen Schüler verbleiben auf ihren Niveaustufen und bei ihren Entscheidungen.

Theresa (16) ist ebenfalls nicht eindeutig für oder gegen die Genom-Editierung, da ihr die Risikoabwägung zwischen möglicher Erkrankung und Gesundheit sowie den unvorhersehbaren Nebenwirkungen schwerfällt. Michael (17) entscheidet sich gegen die Genom-Editierung, da er sowohl die Natürlichkeit als auch die Selbstbestimmung des Kindes gefährdet sieht. Zwar sieht er die Chance der Leidverringerung, aber auch ohne Genom-Editierung besteht die Möglichkeit, dass das Kind keine Leukämie bekommt. Dieselben Gründe erkennen auch Niklas (16) und Julian (16). Beide entscheiden sich allerdings für die Genom-Editierung. Julian ergänzt bei seinem Urteil noch die Benachteiligung anderer, „für die die Editierung nicht zugänglich war. Jedoch ist dies ein Problem weniger Generationen, wenn in Zukunft alle eine Editierung in Erwägung ziehen können“ (Post-Test). Zusammengefasst ergeben sich nur wenige Veränderungen in dieser Gruppe. Ein Schüler verschlechterte sich bei der Teilkompetenz *Urteilen*. Alle anderen Schüler verbleiben auf ihren Niveaustufen und auch bei den Entscheidungen gibt es keine Änderungen. Die Schüler dieser Gruppe sehen die Selbstbestimmung und die Natürlichkeit des Kindes gefährdet. Darüber hinaus sprechen die unvorhersehbaren Nebenwirkungen und die Benachteiligungen schon existierender Menschen gegen eine Genom-Editierung. Dafür diese sprechen jedoch die Gesundheit des Kindes und die Leidverringerung.

5.3.5 Vergleich der Gruppen

Im Rahmen der Teilkompetenz *Urteilen* können die Schüler hinsichtlich ihrer Kompetenzentwicklungen, ihrer Entscheidungen als auch der inhaltlichen Ausgestaltungen der Urteile verglichen werden.

Bei der Betrachtung der Kompetenzentwicklungen fällt auf, dass sich nur in den Gruppen FBW und BW positive Entwicklungen gezeigt haben. Die Schüler der Gruppen K und F verbleiben größtenteils auf ihren Niveaustufen. Ein Schüler der Gruppe K verschlechtert sich um eine Niveaustufe. Insgesamt sind die Urteile der Schüler aus den Gruppen FBW und BW umfangreicher und enthalten unterschiedlichere Kontexte. Die Schüler der Gruppe F und K haben sich im Vergleich dazu etwas kürzer gefasst und somit auch weniger Argumente für oder gegen ihre Position genannt. Zusätzlich fällt auf, dass auch schon vor der Intervention die Schüler der Gruppen FBW und BW häufiger das Niveau III erreichten als die Schüler der Gruppen K und F. Nach der Intervention wurde die Niveaustufe I in den Gruppen FBW und BW nicht mehr vergeben. Somit konnten alle Schüler dieser Gruppen nach der Intervention ihr Urteil begründen und Wertebezüge herstellen.

In den Gruppen F und K gibt es nur wenige inhaltliche Veränderungen. So bleiben die Schüler dieser beiden Gruppen bei ihren Begründungen ihres Urteils und nutzen vor allem die unvorhersehbaren Nebenwirkungen und einen möglichen Missbrauch der Genom-Editierung zur Optimierung des Menschen als Argumente gegen die Genom-Editierung. Für die Genom-Editierung spricht laut den Schülern dieser Gruppen die

Gesundheit des Kindes und die Leidverringerung. Nur wenige Schüler der Gruppe F und K nutzen die Selbstbestimmung des Kindes und die Widernatürlichkeit der Methode als Argumente gegen die Genom-Editierung. Im Vergleich dazu beziehen sich deutlich mehr Schüler der Gruppen FBW und BW auf die fehlende Selbstbestimmung des Embryos bei einer Durchführung der Genom-Editierung. Auch die Natürlichkeit des entstehenden Embryos taucht in den Urteilen der Schüler dieser beiden Gruppen häufiger auf. Darüber hinaus nutzen die Schüler generell mehr Argumente für die Darstellung ihrer Urteile. Zusätzlich zu den schon erwähnten Argumenten fordern die Schüler der Gruppen FBW und BW häufiger die Regulierung der Genom-Editierung. Eine solche Regulierung beschreibt ansonsten nur ein Schüler der Gruppe F.

Ähnlich wie schon bei den ethischen Werten wird auch der wissenschaftliche Fortschritt als Chance, die genutzt werden sollte, nur im Post-Test von Schülern der Gruppe FBW und BW erläutert. Zudem wäre die Genom-Editierung eine Chance für Eltern mit vererbaren Krankheiten, gesunde Kinder zur Welt zu bringen. Dieses Argument sehen nur die Schüler der Gruppen FBW und BW, wobei dieses sowohl vor als auch nach der Intervention auftaucht. Insgesamt antizipieren die Schüler der Gruppen FBW und BW weitreichendere Folgen der Anwendung der Genom-Editierung, um ihre Urteile zu unterstreichen. Die Schüler der Gruppen F und K gehen in ihren Urteilen nicht so weit. Die einzige Folge, die diese Schüler sehen, ist der Missbrauch der Methode. In der Gruppe FBW beschreibt eine Schülerin in ihrem Urteil eine mögliche Überbevölkerung der Welt, während in der Gruppe BW ein Schüler den Verlust der menschlichen genetischen Vielfalt als weitreichende Folge der Genom-Editierung erläutert. Weniger globale Folgen, wie die Verfremdung des eigenen Kindes durch die Genom-Editierung, werden ebenfalls nur von Schülern der Gruppen FBW benannt. Dieses Argument gegen die Genom-Editierung wird von zwei Schülern nur vor der Intervention genutzt.

In der Gruppe BW taucht besonders häufig im Post-Test auch das Argument der Individualität des Kindes oder allgemein der Menschen sowie die körperliche Unversehrtheit des Embryos auf. Diese werden in keiner anderen Gruppe zur Verdeutlichung des eigenen Urteils genutzt.

Insgesamt haben sich in allen Gruppen mehr Schüler gegen die Genom-Editierung entschieden als dafür. Nur in der Gruppe K haben sich mehr Schüler unentschlossen oder positiv gegenüber einem Einsatz der keimbahnverändernden Genom-Editierung geäußert. Die Urteile blieben in den Gruppen BW, F und K gleich. Lediglich in der Gruppe FBW kam es zu Umentscheidungen. Die Schüler tendierten nach der Intervention eher zu einem Einsatz der Genom-Editierung. Besonders kritisch zeigen sich die Schüler der Gruppe F, zumal sich hier die wenigsten Schüler für einen Einsatz der Genom-Editierung aussprechen.

Zusammengefasst konnten auch bei dieser Teilkompetenz hauptsächlich in den Gruppen FBW und BW Kompetenzentwicklungen festgestellt werden. Die Schüler dieser Gruppen nutzten zwar schon vor der Intervention vielfältigere Argumente, um ihre Urteile zu unterstreichen, konnten diese allerdings teilweise noch ausbauen und häufiger Wertbezüge in ihre Urteile mit einbeziehen, wohingegen die Schüler der Gruppen F und

5 Darstellung der Ergebnisse

K keine Entwicklungen zeigen konnten und auch inhaltlich ihre Urteile nicht stärker ausdifferenzieren. Bezüglich der Entscheidungen gab es nur bei der Gruppe FBW Veränderungen zwischen Prä- und Post-Test. Tendenziell stehen die Schüler aller Gruppen einem Einsatz der Genom-Editierung kritisch gegenüber. Zwar würden sich auch einige Schüler für die keimbahnverändernde Genom-Editierung entscheiden, aber nur unter der Prämisse, dass ein Missbrauch zur Optimierung des Menschen ausgeschlossen ist. Außerdem hängen einige Schüler ihre Zustimmung an die Aufklärung und vor allem Eindämmung der unvorhersehbaren Nebenwirkungen der Methode. Somit entscheidet sich kein Schüler dieser Stichprobe uneingeschränkt für die Genom-Editierung. Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Studie diskutiert und näher analysiert, um schlussendlich Leitlinien für den Biologieunterricht ableiten zu können.

Zusammenfassung der Ergebnisse zur Teilkompetenz Urteilen:

- Die Gruppen FBW und BW verbessern sich in der Darstellung ihres Urteils.
- Die Gruppen F und K zeigen kaum Veränderungen auf ihren Niveaustufen.
- In allen Gruppen sind insgesamt mehr Schüler gegen die keimbahnverändernde Genom-Editierung als dafür.
- Schüler, die sich für die Genom-Editierung entscheiden, fordern eine Regulierung, damit keine Optimierungen an Menschen vorgenommen werden können.

Induktive Kategorien:

- Argumente für die keimbahnverändernde Genom-Editierung:
 - wissenschaftlicher Fortschritt als Chance (Gruppen: FBW, BW)
 - Chance für Eltern mit vererbaren Krankheiten gesunde Kinder zur Welt zu bringen (Gruppen: FBW, BW)
 - Genom-Editierung kann Gesundheit bringen (alle Gruppen)
 - Genom-Editierung verringert das Leid aller Beteiligten (alle Gruppen)
 - Regelungen können einen Missbrauch verhindern (Gruppen: FBW, BW, F)
- Argumente gegen die keimbahnverändernde Genom-Editierung:
 - die Eltern bestimmen über das Kind (alle Gruppen)
 - die Genom-Editierung ist unnatürlich (alle Gruppen)
 - unvorhersehbare Nebenwirkungen (alle Gruppen)
 - Missbrauch der Genom-Editierung zur Optimierung des Menschen (alle Gruppen)
 - Recht auf körperliche Unversehrtheit (Gruppe BW)
 - Individualität (Gruppe BW)
 - Verlust der genetischen Vielfalt (Gruppe BW)
 - Überbevölkerung der Welt durch weniger Krankheiten (Gruppe FBW)

6 Diskussion der Ergebnisse

Nachdem die Ergebnisse der Studie dargelegt wurden, werden diese diskutiert. Dabei werden die Ergebnisse nicht nur interpretiert, sondern auch mit anderen Forschungsergebnissen verglichen. Um gezielt auf jede Fragestellung der Studie einzugehen, ist die Diskussion in Anlehnung an die Fragestellungen gegliedert. Darüber hinaus werden die Ergebnisse der einzelnen Versuchsgruppen, wie schon im vorherigen Kapitel, sowohl getrennt voneinander als auch vergleichend diskutiert. Anhand dieser Diskussion werden abschließend Handlungsempfehlungen für den Biologieunterricht aufgestellt. Aufgrund der geringen Stichprobenzahl sind die Ergebnisse dieser Studie zwar nicht allgemein gültig, trotzdem lassen sich Empfehlungen für die Integration des Kontexts der Genom-Editierung zur bioethischen Bewertung ableiten, die dann in weiterführenden Studien überprüft werden können. Den Abschluss dieses Kapitels bildet eine kritische Hinterfragung der Methodik dieser Studie.

6.1 Wie verändert sich die Wahrnehmung der Relevanz des dargestellten Dilemmas?

Bei der Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz* konnte besonders in den Gruppen, die eine Intervention zur Förderung der Bewertungskompetenz erhielten, ein Kompetenzanstieg einzelner Schüler ermittelt werden. Die Schüler der Gruppen F und K haben sich eher verschlechtert (vgl. Kapitel 5.1.5). Ein möglicher Grund für die Verschlechterung der Schüler könnten die kürzeren Antworten sein. So konnten insgesamt nach der Intervention weniger Textstellen dieser Teilkompetenz zugeordnet werden. Dies spricht dafür, dass die Schüler auch weniger ausführlich auf die moralische Relevanz des Dilemmas eingegangen sind. Für genauere Aussagen werden die Ergebnisse der einzelnen Interventionsgruppen diskutiert.

6.1.1 Gruppe Fachwissen und Bewertung

Die Gruppe Fachwissen und Bewertung erhielt eine Intervention, die sowohl fachliche als auch ethische Aspekte der Genom-Editierung beinhaltete. Zwei von acht Schülern konnten sich bei dieser Teilkompetenz von der Niveaustufe II auf die Niveaustufe III verbessern. Eine Schülerin verschlechtert sich von Stufe II auf die Stufe I und die übrigen fünf Schüler verbleiben auf ihren Niveaustufen.

Theoretisch ist eine Verschlechterung nicht möglich, da innerhalb so kurzer Zeit gezeigte Kompetenzen nicht verloren gehen können (MITTELSTEN SCHEID, 2008; REITSCHERT, 2009). Dennoch konnte im Falle von Karin (16) eine solche Verschlechterung belegt werden. Es ist zwar anzunehmen, dass Karin immer noch die moralische Relevanz gemäß der Niveaustufe II erfassen kann, trotzdem zeigt ihre Antwort im Post-Test dies nicht. Besonders der Verweis auf die Protagonisten des Dilemmas im Rahmen der Darstellung der moralischen Relevanz spiegelt eine einseitige Betrachtung dieser Relevanz wider, weshalb sie im Post-Test die Niveaustufe I erhält. Eine mögliche Begründung für diese Verschlechterung ist die im Vergleich zum Prä-Test kürzere Antwort. Während Karin vor der Intervention mit mehreren Sätzen sehr ausführlich auf die Frage nach der moralischen Relevanz antwortet, verkürzt sich ihre Antwort im Post-Test deutlich. So antwortet sie nach der Intervention nur noch mit zwei kurzen Sätzen. Möglicherweise erscheint ihr die Antwort im Post-Test aufgrund der zeitlichen Nähe zum Prä-Test als redundant. Auch die Motivation, erneut dieselben Fragen zu beantworten, könnte im Post-Test geringer sein (PORST, 2014). Allgemein könnte dies die geringen Verbesserungen der Gruppe FBW erklären.

ALFS et al. (2011) haben bei dieser Teilkompetenz ebenfalls Verschlechterungen der Niveaustufen festgestellt, obwohl sie im Prä- und Post-Test unterschiedliche Fragen zur Erhebung dieser Teilkompetenz eingesetzt haben. Somit würde auch eine Veränderung der Fragen im Post-Test nicht zwangsläufig zu anderen Ergebnissen führen. Hier müsste also auch die Erhebungsmethode an sich überprüft werden (vgl. Kapitel 6.5).

Trotzdem haben sich zwei Schülerinnen dieser Gruppe bei der Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz* verbessern können. Aus diesem Grund lässt sich festhalten, dass die Diskussion und Klärung des moralischen Gehaltes eines Dilemmas während des Unterrichts eine positive Auswirkung auf diese Teilkompetenz haben kann. Der von ALFS et al. (2011) vorgeschlagene Ansatz, in dem die Schüler durch konkurrierende, ethische Werte und Argumente die Relevanz herausarbeiten sollten, scheint in Anbetracht der vorliegenden Ergebnisse wirksam zu sein.

Für eine Sensibilisierung der Schüler gegenüber dem moralischen Gehalt eines Dilemmas ist es notwendig, diesen explizit zu thematisieren. Außerdem kann neben der Diskussion des moralischen Gehaltes auch eine Klärung des Wertebegriffs mit einer exemplarischen Betrachtung relevanter Werte erfolgen (MITTELSTEN SCHEID, 2008). Durch diesen Ansatz konnte MITTELSTEN SCHEID (2008) eine deutliche Verbesserung dieser Teilkompetenz hervorrufen, die sich unter anderem auch in einem Ausbau der Beschreibung der mo-

ralischen Relevanz widerspiegelt. Ein ähnlicher Wandel ist teilweise auch in der hier vorliegenden Studie zu erkennen, da einzelne Schüler nach der Intervention das moralische Problem deutlicher hervorheben können.

Dennoch ist der Kompetenzanstieg in dieser Gruppe weniger deutlich als erwartet. Die Wahrnehmung der moralischen Relevanz bereitet den Schülern der Gruppe FBW auch nach der Intervention noch Schwierigkeiten. Somit sollte diese im Unterricht stärker thematisiert werden. Möglicherweise wäre auch eine Klärung von ethischen Grundbegriffen sinnvoll, um Verständnisproblemen zu begegnen.

Darüber hinaus kann auch die Gruppendynamik Auswirkungen auf den Erfolg der Intervention gehabt haben. Da die Gruppe FBW in ihrer mündlichen Beteiligung etwas verhalten war, sind auch die Diskussionen über den moralischen Gehalt der Problemsituation kürzer ausgefallen. Für genauere Aussagen zu gruppendynamischen Prozessen müssen die Ergebnisse der anderen Interventionsgruppen betrachtet werden.

Ähnlich wie bei den Kompetenzentwicklungen zeigen sich in dieser Gruppe auch inhaltlich kaum Unterschiede zwischen Prä- und Post-Test. Das größtgenannte Problem der keimbahnverändernden Genom-Editierung ist die Veränderung der DNA. Auch der DEUTSCHE ETHIKRAT (2019, S. 48) bezeichnet „Keimbahninterventionen beim Menschen als Tabubruch“, wobei der DEUTSCHE ETHIKRAT diesen in Bezug auf die Genom-Editierung relativiert, da durch die fortschreitende Entwicklung von gentechnischen Verfahren „nicht mehr ausgeschlossen [scheint], dass in absehbarer Zeit hinreichend sichere und wirksame Möglichkeiten, in die menschliche Keimbahn einzugreifen, zur Verfügung stehen könnten“ (ebd., S. 48). Somit haben die Schüler dieser Gruppe ein Problem in der Debatte um die Anwendung der Genom-Editierung erkannt und benannt, auch wenn dieser von den Schülern allgemeiner gefasst und weniger begründet wird. Einige Schüler äußern jedoch vergleichsweise mehr Bedenken in Bezug auf die Veränderung der DNA. Dabei wird vor allem die Sicherheit in Kombination mit möglichen unvorhersehbaren Nebenwirkungen und auch der Missbrauch der Genom-Editierung zur Optimierung des Menschen erwähnt.

Auch in anderen Studien zeigen Probanden Bedenken in Bezug auf die Sicherheit der Methode (ČRNE-HLADNIK et al., 2009). Die gravierenden Auswirkungen, die eine Veränderung der DNA haben könnte, stellen ebenso wie die generelle Frage nach der Nützlichkeit dieser für die Menschheit einen zentralen Inhalt in der Argumentation der Schüler dar. Dabei sehen die slowenischen Schüler aus der Studie von ČRNE-HLADNIK et al. (2009) ähnlich wie die deutschen Schüler besonders das versehentliche Verändern von mehr als den geplanten DNA-Sequenzen als großes Problem an.

Ähnliche Vorbehalte äußern auch die chinesischen Probanden der Studie von XIANG et al. (2015). Dabei werden sowohl Krankheiten als auch Behinderungen als Folgen einer solchen ungewollten Veränderung antizipiert. Diese Folgen als negative Auswirkungen der Genom-Editierung reflektieren auch die Schüler der Gruppe FBW. Dabei sehen einige Schüler das Problem der Genom-Editierung als Risiko-Nutzen-Abwägung an. Auch der DEUTSCHE ETHIKRAT (2019) fügt an, dass eine Problemlösung zur Anwendung der Genom-Editierung zum Teil eine Chancen-Risiko-Abwägung sei. Allerdings wäre eine

ausschließliche Betrachtung dieser Chancen und Risiken nicht ausreichend und müsse mit einer Abwägung ethischer Werte kombiniert werden (ebd.). Diesen Schritt gehen nur wenige der Schüler dieser Gruppe, wobei ihnen hierfür vor allem vor der Intervention das nötige Wissen über ethische Werte fehlt. Auch dieser Aspekt unterstützt die Forderung, ethische Grundbegriffe im Unterricht verstärkt zu klären und die Diskussion über den Problemgehalt der keimbahnverändernden Genom-Editierung über eine Risiko-Nutzen-Abwägung hinaus zu erweitern.

Neben der Sicherheit der Genom-Editierung gehen die Schüler dieser Gruppe besonders häufig auf eine mögliche Optimierung des Menschen ein. Anders als in der amerikanischen Studie von ROBILLARD et al. (2014) sehen die Schüler dieser Gruppe die Optimierung des Menschen grundsätzlich als unerwünschte, negative Folge einer Zulassung der Genom-Editierung an. Die amerikanischen Probanden sprechen sich hingegen knapp zur Hälfte für einen Einsatz zur genetischen Optimierung des Menschen aus. Möglicherweise sind die Schüler der Gruppe FBW diesem Einsatz aufgrund der deutschen Vergangenheit skeptischer gegenüber eingestellt, da gerade in Deutschland „historische Erfahrung mit wissenschaftlichen Fehlentwicklungen wie Eugenik und ‚Rassenhygiene‘“ (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019, S. 111f.) allgegenwärtig sind. Dies erklärt auch, warum fast alle Schüler eine solche Optimierung thematisieren, ohne dass diese Möglichkeit im Dilemma oder im Unterricht näher betrachtet wurde.

Zusammengefasst zeigt sich, dass die Schüler das moralische Problem der Genom-Editierung nach der Intervention teilweise besser erfassen können. Diese Verbesserung könnte auf die Diskussion des Problems innerhalb der Intervention zurückgeführt werden. Generell fassen sich die Schüler dieser Gruppe im Post-Test allerdings kürzer, weshalb sich inhaltlich nur wenige Veränderungen zeigen. Die verkürzten Antworten könnten auf eine mangelnde Motivation, den Fragebogen erneut auszufüllen, zurückgeführt werden. Ein Großteil der Schüler hat einen Teil der moralisch relevanten Situation erfasst, wobei weniger normative Betrachtungen als deskriptive angestellt werden. Darüber hinaus könnten gruppenspezifische Prozesse während der Intervention zu einem geringeren Erfolg geführt haben. Des Weiteren ist die Auswirkung der fachwissenschaftlichen Intervention unklar. Um genauere Aussagen machen zu können, werden die Ergebnisse der weiteren Interventionsgruppen folgend diskutiert.

6.1.2 Gruppe Bewertung

Die Gruppe Bewertung erhielt eine Intervention, die ethische Aspekte der Genom-Editierung beinhaltet. Drei von zehn Schülern konnten sich bei dieser Teilkompetenz verbessern. Die übrigen sieben Schüler verbleiben auf ihren Niveaustufen, wobei drei von ihnen schon vor der Intervention die höchste Niveaustufe erreichen.

Insgesamt ist in dieser Gruppe auch eine leichte Verbesserung der Schüler zu beobachten. Diese ist nicht nur auf den Kompetenzzuwachs zurückzuführen, sondern auch durch die

stärkere inhaltliche Ausdifferenzierung der Schülerantworten nach der Intervention zu erklären. Wie in den Studien von ALFS et al. (2011) und MITTELSTEN SCHEID (2008) können diese Verbesserungen durch die Diskussion und Klärung der moralisch relevanten Situation im Unterricht begründet werden. Dies passt ebenfalls zu der oben diskutierten, leichten Verbesserung der Gruppe FBW. Es kann folglich festgehalten werden, dass eine Diskussion der moralisch relevanten Situation zur Förderung der Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz* genutzt werden kann. Diese bietet sich aber vor allem in Gruppen an, die aktiv an einer solchen Diskussion teilnehmen und diese dadurch fruchtbarer machen.

Dennoch hätte der Erfolg der Intervention auch in dieser Gruppe deutlicher sein können. Hier könnte ebenfalls die fehlende Motivation für das erneute Ausfüllen des Fragebogens die Ergebnisse verfälscht haben.

Inhaltlich sehen die Schüler der Gruppe BW die Veränderung der DNA und die Optimierung des Menschen als Problem der keimbahnverändernden Genom-Editierung an. Neu ist in dieser Gruppe die fehlende Selbstbestimmung des Ungeborenen sowie die Vorbeugung von Krankheiten, die vor allem nach der Intervention vermehrt erläutert werden. Dies ist unmittelbar auf den Unterricht zurückzuführen. Die fehlende Selbstbestimmung wurde in dieser Gruppe als zentrales Argument gegen den Einsatz der Genom-Editierung diskutiert. Für Jugendliche ist die Selbstbestimmung oder genauer die Autonomie ein wichtiges Thema, da Autonomiebestrebungen „eine zentrale Entwicklungsaufgabe des Jugendalters“ (WALPER, 2014, S. 37) darstellen. Deswegen ist es nicht verwunderlich, dass nur Schüler dieser Gruppe nach der Intervention dieses Problem aufgreifen. Somit ergänzen die Schüler nach der Intervention die allgemeine Feststellung, dass die DNA verändert wird, um die fehlende Selbstbestimmung des Ungeborenen. Durch diese normative Ergänzung erweitern sie ihre Problemwahrnehmung, die wiederum eine Kompetenzentwicklung der Schüler mit sich bringt.

Auch die Vorbeugung von Krankheiten wird nach der Intervention von den Schülern der Gruppe BW häufiger thematisiert. Während der Intervention wurde auch die Vorbeugung als Argument für einen Einsatz der keimbahnverändernden Genom-Editierung thematisiert. Eine Vorbeugung von Krankheiten ist an dieser Stelle gleichbedeutend mit der Wahrung der Gesundheit. Gesundheit ist ein zentraler ethischer Wert (vgl. Kapitel 2.2.3), der auf unterschiedliche Weisen von der keimbahnverändernden Genom-Editierung berührt wird. Die Schüler der Gruppe BW argumentieren hauptsächlich mit der Gesundheit, wenn sie ein Argument für die Anwendung der Genom-Editierung beschreiben. In der Problemanalyse geht dieser Wert häufig mit einer Risiko-Nutzen-Abwägung einher, in der das Risiko der Krankheit dem Nutzen der Gesundheit gegenüber gestellt wird. Auch in anderen Studien wird die Gesundheit als Grund für einen Einsatz einer Gentherapie benannt. So zeigen die chinesischen Studenten der Studie von XIANG et al. (2015) eine hohe Akzeptanz gegenüber genetischer Interventionen, wenn diese zur Wahrung der Gesundheit angewendet werden. Auch in der Studie von ROBILARD et al. (2014) sind die Probanden einer Anwendung offen für Gentherapien zur Heilung von Krankheiten. Somit unterscheiden sich die deutschen Schüler in diesem

Punkt nicht von den Probanden anderer Studien. Die Gesundheit scheint grenzüberschreitend ein relevanter Wert zu sein, der in der Dilemma-Situation berührt wird.

In der Gruppe BW gibt es Verbesserungen, die sich auf die Intervention zurückführen lassen. Durch die Diskussionen der Schüler während des Unterrichts und die Darstellung der Argumente, die für und gegen die Genom-Editierung sprechen, konnten einige Schüler nach der Intervention ihre Problemwahrnehmung erweitern. Dadurch sind sowohl inhaltliche Veränderungen als auch Kompetenzentwicklungen festzustellen. Eine Diskussion unterschiedlicher Argumente kann die Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz* fördern, wobei diskussionsfreudige Lerngruppen größere Kompetenzanstiege haben können als weniger aufgeschlossene Lerngruppen. Schlussfolgerungen über die Auswirkungen einer fachwissenschaftlichen Intervention können in der folgenden Diskussion der Ergebnisse der Gruppe F gezogen werden.

6.1.3 Gruppe Fachwissen

Die Gruppe Fachwissen erhielt eine Intervention, die fachliche Aspekte der Genom-Editierung beinhaltet. Vier von neun Schülern verschlechterten ihre Wahrnehmung der moralischen Relevanz zwischen Prä- und Post-Test.

Theoretisch sind auch in dieser Gruppe keine Verschlechterungen möglich, trotzdem konnten diese gemessen werden. Ein Grund, der diese Verschlechterungen erklärt, sind die deutlich kürzeren Antworten nach der Intervention. Darüber hinaus haben die Schüler vermehrt eine deskriptive Problemwahrnehmung gezeigt und normative Aspekte vernachlässigt. Häufig kommt es so zu einer Wiedergabe des Dilemmas und zu einer weniger abstrakten Problemanalyse. Die Schüler haben teilweise den vermeintlich leichtesten Weg gewählt, indem sie die Situation zusammenfassen. Die in der Ergebnisdarstellung präsentierten Zitate von Marion (17) unterstreichen diesen Eindruck. Marion antwortet im Post-Test wesentlich kürzer als im Prä-Test. Trotzdem enthält ihre Aussage durch den Begriff „Zuchthund“ eine Wertung und weist auf den normativen Gehalt des Problems hin. Dadurch, dass sie keine weiteren Erläuterungen ihrer Aussage anbringt, verschlechtert sie sich um eine Niveaustufe im Vergleich zum Prä-Test. Ihre Aussage ist allerdings an der Grenze zwischen zwei Niveaustufen. Dies zeigt, dass sie theoretisch die moralische Relevanz der Situation weiterhin erfassen könnte, es aber nicht ausführlich zu Papier bringt. Zu erklären ist dies mit einer geringeren Motivation der Schülerin, den Post-Test noch einmal ausführlich zu beantworten, wie diese schon in den anderen Gruppen beobachtet wurde. An dieser Stelle ist auf die Gruppendynamik hinzuweisen, denn in der Gruppe F haben schon im Prä-Test einige Schüler die Teilnahme verweigert. Diese Dynamik hielt auch über die Intervention bis hin zum Post-Test an und kann eine weitere Erklärung für die weniger ausführlichen Post-Test-Antworten sein.

Darüber hinaus erarbeiteten sich die Schüler nur fachwissenschaftliche Inhalte, die den Schülern offenbar nicht geholfen haben, die moralische Relevanz des Problems besser zu

erfassen. Es scheint dringend erforderlich, dass die Schüler ethische Grundbegriffe erlernen und auch den moralischen Gehalt einer Situation exemplarisch diskutieren, um sich bei dieser Teilkompetenz verbessern zu können. Das Fachwissen allerdings eine negative Auswirkung auf diese Teilkompetenz hat, ist aufgrund der oben aufgeführten Gründe nicht sicher anzunehmen. Auch in anderen Studien wurde Fachwissen ergänzend zur Förderung der Bewertungskompetenz vermittelt und es konnten bisher keine negativen Effekte bezüglich des Fachwissens ermittelt werden (ALFS et al., 2011; HÖSSLE, 2001; KOLSTØ, 2006; MENTHE, 2012; MITTELSTEN SCHEID, 2008; REITSCHERT, 2009). Vielmehr wird Fachwissen oft als Voraussetzung für ethisches Bewerten gesehen (EGGERT & BÖGEHOLZ, 2006; HÖSSLE, 2001; KMK, 2005). In Anlehnung hieran würden sich weitere Forschungen zur Untersuchung der Auswirkung von Fachwissen auf die Bewertungskompetenz anbieten.

Durch die fachwissenschaftliche Untersuchung der Genom-Editierung hätten die Schüler vermehrt deskriptive Aussagen zu dieser treffen können. Beispielsweise haben sie die somatische Gentherapie kennen gelernt, welche eine Alternative zur Keimbahntherapie darstellen würde. Statt auf die Inhalte der Intervention einzugehen, werden die Aussagen der Schüler im Post-Test oberflächlicher. Dies unterstreicht, dass die fachwissenschaftliche Intervention keinen Effekt auf diese Teilkompetenz hat.

Auffallend ist in dieser Gruppe, dass neben der Veränderung der DNA hauptsächlich die fehlende Selbstbestimmung des Embryos nach der Intervention thematisiert wird. Diese wurde im Unterricht nicht explizit erwähnt. Trotzdem resultiert diese Thematisierung möglicherweise aus dem Aufzeigen der somatischen Gentherapie, bei der sich der geborene Mensch selbst für sie entscheiden könnte. Somit wäre dieser Aspekt zwar nicht explizit im Unterricht thematisiert worden, aber durch die verwendeten Unterrichtsmaterialien impliziert worden. Des Weiteren könnten sich die Schüler der einzelnen Klassen und somit der einzelnen Gruppen auch nach dem Unterricht über die Genom-Editierung ausgetauscht haben. Beide Hypothesen bieten mögliche Erklärungsansätze, die durch die vorliegenden Daten nicht als gesichert gelten.

Zusammenfassend erkennen auch die Schüler der Gruppe F das Problem der Veränderung der DNA. Diese scheint sich aus dem Dilemma selbst ableiten zu lassen. Die tendenzielle Verschlechterung der Gruppe könnte genau wie bei den vorherigen Gruppen auf eine geringere Motivation zurückgeführt werden. Hinzu kommt die bereits diskutierte Gruppendynamik. Außerdem scheint Fachwissen keine fördernden Auswirkungen auf die Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz* zu haben.

6.1.4 Kontrollgruppe

Die Kontrollgruppe erhielt keine Intervention. In dieser Gruppe verschlechterte sich ein Schüler. Die anderen vier Schüler verbleiben auf ihrem Niveau.

Die Verschlechterung des Schülers Moritz (17) lässt sich wie bei den Gruppen zuvor durch eine mangelnde Motivation, den Test erneut auszufüllen, erklären. Bei keinem anderen Schüler wird diese Demotivation so deutlich wie bei Moritz. Im Post-Test beschreibt er das Problem zwar bildhaft aber auch auf eine groteske Art und Weise. Besonders seine Antwort im Post-Test zeigt, dass dem Schüler die wiederholte Beantwortung redundant vorkommt, weshalb er die Situation ins Lächerliche zieht. Außerdem haben die Schüler dieser Gruppe keine Intervention erhalten, durch die sie den Post-Test hätten besser ausfüllen können. Somit ermöglicht die Kontrollgruppe die Absicherung der Ergebnisse der anderen Gruppen, auch wenn die Aussagen von Moritz nur in Teilen sinnvoll sind.

Durch die Ergebnisse der Gruppe K zeigt sich, dass die Verwendung des Dilemmas in dem Fragebogen keine Auswirkungen auf die Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz* hat. ZOHAR & NEMET (2002) konnten feststellen, dass der Einsatz von Dilemmata im Unterricht die Urteilskompetenz verbessert. Somit hätte auch das Dilemma im Fragebogen einen ähnlichen Lerneffekt zeigen können. Da die Schüler dieser Gruppe keine Verbesserung zeigen, kann ein solcher Lerneffekt ausgeschlossen werden.

Trotzdem ermöglicht das Dilemma den Schülern, vor allem die Veränderung der DNA als Problem der Genom-Editierung zu erkennen. Auch die weiteren Probleme wie die Optimierung des Menschen oder die fehlende Zustimmung des Embryos werden in dieser Gruppe benannt, wobei die fehlende Zustimmung in dieser Gruppe sowohl im Prä- als auch im Post-Test gleichermaßen auftritt. Folglich wird die fehlende Selbstbestimmung auch ohne äußere Einflüsse diskutiert und kann nicht zwangsläufig auf die Intervention zurückgeführt werden. Dies lässt sich mit der schon diskutierten zentralen Stellung der Autonomiebestrebungen im Jugendalter erklären.

Neu ist in dieser Gruppe, dass Julian (16) die Benachteiligung bereits existierender Menschen als Problem der Genom-Editierung diskutiert. Auch der DEUTSCHE ETHIKRAT sieht dieses Problem, wobei die Zulassung der Genom-Editierung, wenn sie denn sicher wäre, als Zukunftsverantwortung der Gesellschaft angesehen wird. Somit gäbe es zwar eine solche Benachteiligung bereits existierender Menschen, doch ist dies ein Problem weniger Generationen. Vielmehr ist es in der Verantwortung der Gesellschaft mögliche Chancen auf ein besseres Leben zu ergreifen, auch wenn es in diesem Moment für einige ungerecht erscheint (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019). Es ist also verständlich, dass Julian dieses Problem anführt.

Zusammengefasst zeigen die Ergebnisse der Kontrollgruppe, dass ohne eine Intervention keine nennenswerten Veränderungen bei der Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz* auftreten. Außerdem ermöglicht das Dilemma eine vielschichtige Analyse der moralisch relevanten Situation. Dies zeigen die vielfältigen Probleme, welche die Schüler dieser Gruppe erörtert haben.

6.1.5 Vergleichende Diskussion

In Bezug auf das *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz* entwickeln sich einige Schüler der Gruppen FBW und BW, die eine Intervention zum ethischen Bewerten erhielten, weiter. Nach den Interventionen befinden sich mehr Schüler dieser Gruppen auf der Niveaustufe III. Aus diesem Grund lässt sich festhalten, dass die Diskussion und Klärung des moralischen Gehaltes eines Dilemmas während des Unterrichts eine positive Auswirkung auf diese Teilkompetenz haben kann. Ähnliche Studien wie die von ALFS et al. (2011) zeigen keine signifikanten Kompetenzentwicklungen durch die Diskussion konkurrierender, ethischer Werte und Argumente. Nicht allen Schülern scheinen allerdings zentrale ethische Grundbegriffe wie Moral und ethische Werte geläufig zu sein, sodass eine Klärung dieser Begriffe notwendig ist, um den Schülern konsistente und angemessene Argumentationsweisen zu ermöglichen. Daher halten es REITSCHERT & HÖSSLE (2006, S. 104) für „unumgänglich, dass im bioethischen Unterricht auch ein gültiges ethisches Wissen vermittelt wird“. Somit sollte neben der Diskussion von Argumenten zur Relevanz einer Situation auch ethisches Basiswissen vermittelt werden, sodass den Schülern ein Zugang zur Problemsituation ermöglicht wird. Darüber hinaus könnte durch einen sprachsensiblen Umgang die Bedeutung der Modalverben „dürfen“ und „sollen“ für normative Aussagen hervorgehoben werden. Denn durch eine zunehmende sprachliche Kompetenz entwickeln die Schüler auch eine höhere Abstraktionsfähigkeit, die wiederum eine Kompetenzentwicklung nicht nur bei der Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz* ermöglicht (MITTELSTEN SCHEID & HÖSSLE, 2007).

Des Weiteren sind gruppensdynamische Prozesse zu beachten, sodass für weniger diskussionsfreudige Lerngruppen auch niederschwellige Zugangspunkte angeboten werden sollten. Hier könnten beispielsweise unterschiedliche kooperative Lernarrangements genutzt werden, um sowohl „den einzelnen Lerner und das Gesamtteam im Blick“ (MATTES, 2011, S. 20) zu behalten. Wie genau diese einzelnen Arrangements aussehen, muss durch eine „Analyse der Lernvoraussetzungen, die möglichst jeden einzelnen Lernenden in den Blick nimmt“ (KILLERMANN et al., 2016, S. 222), individuell abgestimmt werden. Für den Biologieunterricht können die in dieser Studie genutzten Arbeitsblätter als Grundlage dienen, um sie an die Bedürfnisse der eigenen Lerngruppen anzupassen. Eine solche Anpassung ist für die vorliegende Studie nicht möglich gewesen, da die Lerngruppen unbekannt waren und die Interventionen in ihrem Ablauf vergleichbar sein sollten. In zukünftigen Studien könnten gruppensdynamische Prozesse jedoch durch größere Stichprobenzahlen ausgeglichen werden.

Das Ergebnis der Gruppe F, die sich nach der fachwissenschaftlichen Intervention eher verschlechtert hat, lässt unterschiedliche Schlussfolgerungen zu. Zum einen scheint die Auswirkung von spezifischem Fachwissen auf die Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz* gering zu sein. Dies unterstützt die Annahme, dass ethisches Basiswissen für eine Kompetenzentwicklung zwingend notwendig ist. Zum

anderen können Verschlechterungen allgemein auf eine Demotivation der Schüler zurückgeführt werden. Auch die Ergebnisse der Kontrollgruppe lassen diese Folgerung zu. Zudem antworten die meisten Schüler aller Gruppen im Post-Test kürzer, was ebenfalls für eine Demotivation sprechen kann. In zukünftigen Studien sollte noch einmal die Methodik reflektiert werden, damit mögliche Motivationsschwierigkeiten umgegangen werden.

Inhaltliche Veränderungen der Antworten der Schüler lassen sich teilweise auf die Interventionen zurückführen. Hier ist besonders der Austausch der Schüler untereinander fruchtbar, da die fehlende Selbstbestimmung des Embryos von mehr Schülern insbesondere aus der Gruppe BW nach der Intervention als relevant benannt wird.

Insgesamt bestätigen die Ergebnisse aller Gruppen das Dilemma als geeignete Ausgangslage für eine ethische Analyse, da dieses vielfältige Problemanalysen zulässt. ZOHAR & NEMET (2002) konnten in ihrer Studie ebenfalls positive Effekte durch eine Dilemmaanalyse auf die Bewertungskompetenz ermitteln. Das Dilemma an sich könnte also auch im bioethischen Unterricht eingesetzt werden, um als Diskussionsgrundlage für die Schulung der Bewertungskompetenz zu dienen. Darüber hinaus kann es auch für weitere Studien als Einstiegsdilemma in Erhebungsinstrumenten fungieren. Ein Einsatz des Dilemmas in dieser Studie hätte allerdings die Redundanz des Post-Test weiter erhöhen können.

Als moralisches Problem nehmen die Schüler im Wesentlichen die Veränderung der DNA des Embryos wahr. Dabei gehen die Schüler auch auf die fehlende Mitbestimmung des Embryos ein. Dass besonders diese einen hohen Stellenwert für die Jugendlichen hat, ist mit der allgemeinen Relevanz der Autonomie für Jugendliche zu erklären (WALPER, 2014). Auch die Optimierung des Menschen und die unvorhersehbaren Nebenwirkungen werden von den Schülern als Probleme benannt, wobei diese weniger moralische Probleme als negative Folgen einer Zulassung der Genom-Editierung wären. Teilweise diskutieren die Schüler das Problem als Risiko-Nutzen-Abwägung, die laut dem DEUTSCHEN ETHIKRAT (2019) nur den Einstieg in eine umfassende Bewertung darstellt und schlussendlich durch die Abwägung normativer Aspekte ergänzt werden sollte. Im Zuge dieser Risiko-Nutzen-Abwägung erkennen einige Schüler auch das Potenzial der Genom-Editierung, dass Krankheiten vorgebeugt werden kann. Mit gewissen Einschränkungen wird als das moralische Problem der Genom-Editierung erkannt, wobei nur wenige Schüler dieses darstellen können.

Zusammenfassend kann die Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz* durch Begriffsklärungen und Diskussionen gefördert werden. Allerdings bedarf es hier noch weiterer Studien, um gruppenspezifische Effekte zu relativieren. Generell sollte ein bioethischer Unterricht nicht nur ethisches Basiswissen vermitteln, sondern auch an die Lerngruppe angepasst werden. Eine mögliche Diskussionsgrundlage zum Kontext der Genom-Editierung kann dabei das im Fragebogen verwendete Dilemma bieten. Begriffsdefinitionen in Kombination mit einer Diskussion des Problemgehalts der Situation können nicht nur Auswirkungen auf die Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz* haben, sondern auch weitere Teilkompetenzen

der Bewertungskompetenz fördern. Nachfolgend werden dafür die Ergebnisse für die Teilkompetenzen *Beurteilen* und *Urteilen* diskutiert.

Zusammenfassung der Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz*:

- *Als zentrales Problem definieren die Schüler die Veränderung der DNA ohne die Zustimmung des Embryos.*
- *Außerdem sehen die Schüler Probleme im Missbrauch der Methode zur Optimierung des Menschen sowie in den unvorhersehbaren Nebenwirkungen.*
- *Die keimbahnverändernde Genom-Editierung hat aber auch die Chance, Krankheiten vorzubeugen, weshalb eine Risiko-Nutzen-Abwägung erläutert wird.*

Unterrichtliche Handlungsempfehlungen:

- *Die Diskussion von Dilemma-Situationen kann die Wahrnehmung der moralischen Relevanz erweitern.*
- *Um eine umfassende Betrachtung der Problemsituation zu ermöglichen, kann eine Klärung ethischer Grundbegriffe notwendig sein.*
- *Das im Fragebogen genutzte Dilemma lässt eine Analyse der moralischen Relevanz zu und ist auch für den bioethischen Unterricht im Kontext der Genom-Editierung geeignet.*
- *Lernarrangements müssen passend auf die Lerngruppen zugeschnitten werden, um eine Kompetenzsteigerung zu erreichen. Die Arbeitsmaterialien dieser Studie können hier als Grundlage dienen, um sie im Hinblick auf die eigenen Lerngruppen anzupassen.*
- *Fachwissen fördert nicht die Wahrnehmung der moralischen Relevanz.*

Forschungsimplicationen

- *Der Einfluss der Interventionen auf die Teilkompetenz *Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz* könnte in größer angelegten Studien überprüft werden, um gruppenspezifische Prozesse auszuschließen.*

6.2 Wie entwickelt sich das Erkennen und Nennen von ethischen Werten?

Bei der Teilkompetenz *Beurteilen* konnte besonders in den Gruppen, die eine Intervention zur Förderung der Bewertungskompetenz erhielten, eine Kompetenzentwicklung einzelner Schüler ermittelt werden. Die Schüler der Gruppen F und K zeigen keine Veränderungen in diesem Bereich (vgl. Kapitel 5.2.5). Welche Schlussfolgerungen aus diesen Ergebnissen ergeben, wird folgend für die einzelnen Interventionsgruppen diskutiert.

6.2.1 Gruppe Fachwissen und Bewertung

Die Schüler der Gruppe Fachwissen und Bewertung, die beide Interventionen erhielt, konnte sich bei der Teilkompetenz *Beurteilen* verbessern, wobei mehr Schüler sowohl höhere Niveaustufen erreichen als auch vermehrt explizit auf ethische Werte eingehen.

Die Kompetenzentwicklung der Schüler dieser Gruppe lässt sich auf die Interventionen zurückführen. Vor allem die Klärung des Wertebegriffs und die Verwendung des Wertepools können die Werteexplizierung entlasten und so die Begründung der Werte unterstützen. Auch in anderen Studien wurde der Wertepool als hilfreiches Instrument zur Förderung der Bewertungskompetenz herausgearbeitet (MITTELSTEN SCHEID, 2008; REITSCHERT, 2009; VISSER, 2014). In der durchgeführten Intervention zur Förderung der Bewertungskompetenz ergänzt der Wertepool die syllogistische Ausformulierung der Schülerargumente, sodass die Schüler nicht nur ethische Werte kennenlernen, sondern sie auch direkt anwenden. So sollte den Ergebnissen der Studie von ALFS et al. (2011) entgegengewirkt werden. Dort hatten die Schüler nicht nur Schwierigkeiten bei der Auswahl von passenden Werten, sondern auch bei deren Begründung (HÖSSLE, 2013). Die Kombination aus Klärung und Anwendung der ethischen Werte scheint den Schülern bei der Werteexplizierung geholfen zu haben. Darüber hinaus kann auch die tabellarische Darstellung der Ergebnisse auf dem Arbeitsblatt für die Schüler hilfreich gewesen sein. Aus diesen Gründen können die Schüler nach der Intervention verstärkt Werte explizit benennen und begründen. Inwiefern auch der fachwissenschaftliche Unterricht zu einem Kompetenzanstieg geführt haben kann, ist erst durch die Diskussion der Ergebnisse der anderen Interventionsgruppen zu sagen.

Insgesamt hätten die Kompetenzentwicklungen in dieser Gruppe trotzdem deutlicher ausfallen können. So gibt es immer noch Schüler, die Werte nur benennen aber nicht begründen und somit die Niveaustufe I erhalten. Auch hier könnte das erneute Ausfüllen desselben Fragebogens zu verringerten Effekten geführt haben. Trotzdem sind bei fast allen Schülern dieser Gruppe nach der Intervention mehr Werte benannt worden. Darüber hinaus fiel den meisten Schülern die Werteexplizierung leichter. Insgesamt sehen die Schüler dieser Gruppe folgende ethische Werte berührt, wobei hauptsächlich die er-

sten drei vor der Intervention benannt werden:

- Gesundheit
- Natürlichkeit
- Leidverringering
- Recht auf körperliche Unversehrtheit
- Freiheit
- Selbstbestimmung
- Sicherheit
- Verantwortung
- Gerechtigkeit

Der häufigste und für die Schüler der Gruppe FBW wichtigste Wert ist die Gesundheit. Den hohen Stellenwert dieses Wertes stellen auch andere Studien fest. Für die Probanden von ROBILLARD et al. (2014) ist dieser ebenfalls von großer Bedeutung. Besondere Vorteile sehen die amerikanischen und kanadischen Probanden dabei in der Heilung beziehungsweise Vorbeugung unheilbarer Krankheiten und der Reduzierung von Leid (ebd.). Auch in den Studien von MCCAUGHEY et al. (2016) und UCHIYAMA et al. (2018) spielt die Gesundheit eine große Rolle. Die Probanden dieser Studien beschreiben ausschließlich gesundheitliche Zwecke als hinnehmbaren Grund für die Anwendung einer keimbahnverändernden Genom-Editierung. Besonders die japanischen Probanden der Studie von UCHIYAMA et al. (2018) sind aufgrund der Auswirkungen der Genom-Editierung auf die Gesellschaft und zukünftige Generationen besorgt. So ist zwar die Heilung von Krankheiten für viele ein Grund, die keimbahnverändernde Genom-Editierung anzuwenden, aber auch eine rein für gesundheitliche Zwecke angewendete Genom-Editierung erzeugt ein Unbehagen bei Probanden vieler Studien (ČRNE-HLADNIK et al., 2009; MCCAUGHEY et al., 2016; ROBILLARD et al., 2014; UCHIYAMA et al., 2018). Auch die Schüler der Gruppe FBW sehen diese Chance der Heilung. Trotzdem bereitet die keimbahnverändernde Genom-Editierung den Schüler auch Sorgen, da außer der Gesundheit und Leidverringering hauptsächlich Werte genannt werden, die von einer solchen Editierung verletzt werden.

Diese Unsicherheit äußert sich durch die Nennung der Werte Selbstbestimmung/Autonomie, Natürlichkeit und Gerechtigkeit. Besonders die Entscheidung der Eltern, eine Genom-Editierung ohne die Zustimmung des Embryos durchzuführen, stellt dabei ein Problem für die Schüler dar. Auch die slowenischen Schüler beschreiben eine solche Entscheidung „about the destiny of their children“ als „morally unacceptable“ (ČRNE-HLADNIK et al., 2009, S. 754). Die zentrale Stellung des Autonomiegedankens der Schüler kann mit der Persönlichkeitsentwicklung der Jugendlichen erklärt werden (WALPER, 2014). Das Autonomiebedürfnis der Schüler entspricht also den Bedürfnissen der momentanen Lebenssituation. Dies bietet auch eine mögliche Erklärung dafür, dass in Studien mit älteren Probanden die Selbstbestimmung weniger Berücksichtigung findet

(ROBILLARD et al., 2014; XIANG et al., 2015).

Die Natürlichkeit hingegen wird in allen Altersstufen und in allen Studien als gleichermaßen wichtig ermittelt. Auf der einen Seite lässt sich aus dem Wissen, natürlich entstanden zu sein, eine Art Zufriedenheit mit sich selbst und dem Leben ableiten. Auf der anderen Seite ist die Methode an sich unnatürlich und sollte daher nicht angewendet werden. Der Eingriff in die Natur spielt nicht nur bei Schülern dieser Gruppe eine Rolle, sondern auch die slowenischen Jugendlichen sowie die amerikanischen, kanadischen und chinesischen Probanden beschreiben eine Widernatürlichkeit der keimbahnverändernden Genom-Editierung (ČRNE-HLADNIK et al., 2009; ROBILLARD et al., 2014; XIANG et al., 2015). Häufig werden der Natur hierbei bewusste Entscheidungen zugesprochen, die nicht verändert werden dürfen. Ansonsten würden editierte Menschen am Ende mehr bekommen, als die Natur für sie vorsieht. Personifikationen der Natur stellen ein häufiges Denkmuster bei Schülern und offenbar auch bei älteren Menschen dar (HAMMANN & ASSHOFF, 2015). Generell fällt es Menschen leichter, komplexe oder zufällige Vorgänge durch ein Bewusstsein der Natur zu erklären. Aus diesem Grund ist es nicht ungewöhnlich, dass die Probanden unterschiedlicher Studien im Zusammenhang mit einer erblichen, potenziell tödlichen Krankheit der Natur eine Sinnhaftigkeit zusprechen, die nicht verändert werden sollte.

Gegen den Einsatz der keimbahnverändernden Genom-Editierung spricht laut den Schüler dieser Gruppe die Gerechtigkeit. Besonders die Frage nach der gerechten Verteilung einer Keimbahntherapie, aber auch die Frage nach der generationsübergreifenden Gerechtigkeit werden hier gestellt. Die Schüler der Gruppe FBW sehen dabei ähnlich wie die chinesischen Probanden ein Problem in der gerechten Verteilung der Genom-Editierung. So befürchten sie, dass die Genom-Editierung ein Privileg von wohlhabenden oder machtvollen Personen sein könne (XIANG et al., 2015).

In der vorliegenden Studie konnten allerdings auch ethische Werte wie beispielsweise die Verantwortung codiert werden, die von keinem der Probanden der aktuellen Forschungsliteratur berücksichtigt wurden. Während die Schüler dieser Gruppe vor allem die Übernahme einer Verantwortung im Falle von Nebenwirkungen durch die Genom-Editierung diskutieren, ergänzt der DEUTSCHE ETHIKRAT (2018) eine Verantwortung jetzigen und zukünftigen Generationen gegenüber, wissenschaftliche Fortschritte zu nutzen und weiterzuentwickeln. Da dieser Wert hauptsächlich nach der Intervention genannt wird, ist er durch die Intervention in den Fokus der Schüler gerückt. Einige Schüler haben durch die Intervention mehr, für sie wichtige Werte differenzieren können. Darüber hinaus zeigen die ethischen Werte, die nach der Intervention hinzukommen, dass diese einen positiven Effekt auf die Teilkompetenz *Beurteilen* haben.

Zusammengefasst entwickeln sich die Schüler dieser Gruppe auf unterschiedliche Weise. Zum einen können Kompetenzentwicklungen und zum anderen stärkere Werteexplizierungen beobachtet werden. Beide Entwicklungen können ihren Ursprung in den Interventionen haben. Dabei kann vor allem die Nutzung des Wertepools in Kombination mit einer Verwendung der Werte zur Ausdifferenzierung von Argumenten hilfreich gewesen sein.

6.2.2 Gruppe Bewertung

In der Gruppe BW, die eine Intervention zur Förderung der Bewertungskompetenz erhielt, kann eine Kompetenzentwicklung von sieben der zehn Schüler dieser Gruppe beschrieben werden. Diese Entwicklung kann auf die Intervention zurückgeführt werden. Somit hat die oben beschriebene Verwendung eines Wertepools auch in dieser Gruppe eine positive Auswirkung auf die Teilkompetenz *Beurteilen*.

Neben dieser Kompetenzentwicklung, die sich durch eine differenziertere sprachliche Ausformulierung der Beurteilung auszeichnet, explizieren auch die Schüler dieser Gruppe nach der Intervention mehr Werte. Besonders auffällig ist, dass vor der Intervention alle Schüler die Niveaustufe I erhalten. Dies liegt an den meist deskriptiven Formulierungen der Schüler im Prä-Test, die zwar teilweise normative Aspekte beinhalten, aber keine expliziten Wertebezüge aufweisen. Nach der Intervention fällt den Schülern diese Explizierung leichter, sodass sowohl ethische Werte genannt als auch begründet werden können. Während vor der Intervention einige Schüler die Aufgabe zur Beurteilung der keimbahnverändernden Genom-Editierung ausgelassen haben, konnte diese nach der Intervention von allen beantwortet werden. Trotzdem verbleiben drei Schüler auf der Niveaustufe I. Die Antworten dieser Schüler fallen insgesamt sehr knapp aus, weshalb entweder die Begründung der explizit genannten Werte fehlt oder nur ein Wert umschrieben wird. Eine Erklärung könnte wieder die fehlende Motivation der Schüler sein, auch im Post-Test detailliert zu antworten. Möglicherweise sind die Schüler aber auch schon an die Grenzen ihrer Möglichkeiten gestoßen. Außerdem könnten den Schülern spezifisches Fachwissen zur keimbahnverändernden Genom-Editierung fehlen, um ihnen wichtige Werte benennen und begründen zu können. Die Diskussion der Ergebnisse der Gruppe F kann hier nähere Hinweise geben.

Ähnlich wie in der Gruppe FBW konnten die Schüler der Gruppe BW nach der Intervention eine größere Zahl an Werten benennen, wobei sich der Fokus der Wertedarstellung in beiden Gruppen unterscheidet. Vor der Intervention umschreiben die Schüler hauptsächlich die Gesundheit, die Selbstbestimmung und die Sicherheit der Genom-Editierung als relevante Werte. Die weiteren Werte werden vermehrt nach der Intervention erläutert:

- Gesundheit
- Selbstbestimmung
- Sicherheit
- Natürlichkeit
- Leidverringern
- Individualität
- wissenschaftlicher Fortschritt
- Recht auf körperliche Unversehrtheit
- Gerechtigkeit
- Wohlstand

Schon im Prä-Test wird von vielen Schülern dieser Gruppe die Sicherheit der keimbahnverändernden Genom-Editierung analysiert. Dieser Wert ermöglicht es den Schülern in besonderem Maße, einen Wertekonflikt darzustellen. So kann die Sicherheit durch die Genom-Editierung hergestellt werden, indem das Kind mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht mehr an einer potenziell tödlichen Krankheit erkrankt. Allerdings gefährden die unvorhersehbaren Nebenwirkungen die Sicherheit des Embryos, da so „*langfristige Probleme auftreten*“ (Matthias, 17, Post-Test) können. Für die Schüler der Gruppe BW und auch der Gruppe FBW spielt die Sicherheit eine große Rolle, wenn es zu einer Anwendung der keimbahnverändernden Genom-Editierung kommt. Auch der DEUTSCHE ETHIKRAT (2019) fordert die „hinreichende Sicherheit und Wirksamkeit solcher Eingriffe“ als „Voraussetzung für die Zulässigkeit“ (ebd. S. 44). MCCAUGHEY et al. (2016) beschreiben darüber hinaus einen globalen Konsens, dass die Sicherheit der keimbahnverändernden Genom-Editierung vor weiteren Anwendungen höchste Priorität hat. Obwohl in dieser Gruppe und auch bei Experten die Sicherheit als Voraussetzung für eine weitere Anwendung gesehen wird, konnten andere Studien keine Bedenken bezüglich der Sicherheit von Keimbahneingriffen ermitteln. So stehen sowohl in der chinesischen Studie von XIANG et al. (2015) als auch in der Studie von ROBILLARD et al. (2014) eine Mehrheit der Befragten dem Risiko einer Keimbahntherapie neutral gegenüber. Möglicherweise fehlt den Befragten Hintergrundwissen, um dieses Risiko einschätzen zu können. Allerdings wurde den Schülern der Gruppe BW kein Fachwissen zur Genom-Editierung vermittelt. Davon abgesehen sind auch nationale Unterschiede nicht auszuschließen, die in einer größer angelegten Studie überprüft werden könnten.

Weitere Werte, welche die Schüler der Gruppe BW erläutern, sind die Individualität, der Wohlstand und der wissenschaftliche Fortschritt. Alle drei Werte stammen aus dem Wertepool der Intervention und werden infolgedessen hauptsächlich nach der Intervention benannt. Vor allem die Individualität spielt bei den Schülern dieser Gruppe eine große Rolle. Erklären lässt sich dies mit der generellen Bedeutung des Schutzes von Individualität und Identität für Jugendliche. Denn „als zentrale Aufgabe des Jugendalters wird häufig die Gewinnung und Festigung der Identität angesehen“ (OERTER & DREHER, 2008, S. 303). Es ist nicht verwunderlich, dass die Schüler in dieser Gruppe häufig die Individualität des Einzelnen für wichtig erachten und die Gefahr einer Verletzung ebendieser gegen keimbahnverändernde Maßnahmen spricht. Allerdings wird nicht nur die Individualität eines Individuums durch die Genom-Editierung gefährdet, sondern auch die von allen zukünftigen Generationen. Diese Bedenken zeigen neben den Schülern dieser Gruppe und den australischen Jugendlichen auch die chinesischen Probanden (VAN LIESHOUT & DAWSON, 2016; XIANG et al., 2015). Individualität und Selbstbestimmung sind zwei zentrale Themen für Jugendliche, die besonders im Falle von menschlicher Optimierung eng miteinander verbunden sind (DEURING, 2019). Es ist somit nicht verwunderlich, dass die Individualität nach der Intervention einen hohen Stellenwert bei den Schülern dieser Gruppe einnimmt, da auch die Selbstbestimmung nach der Intervention häufiger thematisiert wird.

Den Wert Wohlstand sehen die Schüler dieser Gruppe durch die keimbahnverändernde

Genom-Editierung weder verletzt noch bewahrt. Vielmehr nutzen die Schüler den Wohlstand als Selektionsmerkmal für den Zugang zur Genom-Editierung. Im Vergleich zu anderen Studien meinen die Schüler hier aber eher den Wert der Gerechtigkeit (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019). Wohlstand kann dafür sorgen, dass der Zugang zur Genom-Editierung nur wohlhabenden Menschen gewährt wird und es zu einer ungerechten Verteilung dieser kommt. Diesen Aspekt befürchten auch Probanden anderer Studien (XIANG et al., 2015). Um dem vorzubeugen, fordern sowohl die Schüler dieser Gruppe als auch der DEUTSCHE ETHIKRAT einen gerechten Zugang beispielsweise über die gesetzlichen Krankenkassen allerdings ausschließlich zur Behandlung von Krankheiten. In Bezug auf die Optimierung des Menschen könnten sich durch Wohlstandsunterschiede sowohl Verteilungsungerechtigkeiten als auch Chancenungleichheiten ergeben, weshalb eine staatliche Regulierung der keimbahnverändernden Genom-Editierung nicht nur für die Schüler dieser Gruppe unabdingbar ist (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019). Dadurch, dass die Schüler den Wert Wohlstand nicht sinngemäß anwenden, werden Verständnisschwierigkeiten in Bezug auf die Bedeutung des Wertes deutlich. Für zukünftige unterrichtliche Anwendungen des Wertepools könnte eine Erklärung der Bedeutung einiger ausgewählter Werte gewinnbringend sein.

Insgesamt ist die Intervention für die stärkere Ausdifferenzierung der eigenen Wertehierarchie von Nutzen, da die Schüler in ihren Pro-Argumenten den Wert des wissenschaftlichen Fortschritts verwenden. Dieser Wert ist den Schülern durch die Intervention bewusst geworden. Allerdings ist er den Schülern weniger wichtig als beispielsweise die Individualität des Menschen, da er meistens durch Gegenargumente entkräftet wird. In anderen Studien konnte dieser Wert nicht ermittelt werden. Trotzdem ermöglicht der wissenschaftliche Fortschritt der keimbahnverändernden Genom-Editierung, Krankheiten zu heilen oder vorzubeugen, weshalb er gesamtgesellschaftlich ein relevanter Wert sei (DEURING, 2019).

Zusammenfassend sind auch in der Gruppe BW Kompetenzentwicklungen bei der Teilkompetenz *Beurteilen* zu messen. Diese zeigen sich sowohl in einem deutlichen Anstieg der Schülerzahlen auf höheren Niveaustufen als auch in den vermehrten Werteexplizierungen der Schüler. Die Verwendung eines Wertepools und die Analyse von Argumenten auf der Werteebene können den Schülern bei einer Beurteilung der keimbahnverändernden Genom-Editierung helfen. Zudem sollten die Werte mit den Schülern im Unterricht geklärt werden, damit diese zweckentsprechend verwendet werden können. Ob sich auch Einflüsse durch die fachwissenschaftlichen Betrachtung der Genom-Editierung ergeben, wird im nächsten Abschnitt diskutiert.

6.2.3 Gruppe Fachwissen

Bei der Teilkompetenz *Beurteilen* haben sich bei den Schülern der Gruppe F keine Veränderungen ergeben. Somit hat eine fachwissenschaftliche Intervention keine Auswirkung

gen auf diese Teilkompetenz.

Auch bei den diskutierten ethischen Werten ergeben sich kaum Veränderungen. Die meisten Schüler beschreiben also vor und nach der Intervention die gleichen Werte. Ein paar Schüler betrachten nach der Intervention weniger Werte als zuvor, da sie insgesamt kürzer antworten. Es lassen sich dadurch keine Verschlechterungen bei der Teilkompetenz messen, da alle Schüler schon zu Beginn auf der niedrigsten Niveaustufe sind. Die kürzeren Antworten können sich zum einen aus der mehrfach diskutierten Demotivation der Schüler ergeben und zum anderen aus einer Unsicherheit gegenüber dem Wertebegriff an sich. So schreibt Kevin (17) nach der Intervention: *„Da sich meine Ethik-Kenntnisse während der Unterrichtsstunde über die Genom-Editierung nicht nennenswert erweiterten, muss ich bei dieser Aufgabe erneut passen.“* Diese Aussage zeigt, dass einigen Schülern der Wertebegriff nicht geläufig ist und die fachwissenschaftliche Intervention in diesem Zusammenhang nicht hilfreich war. Trotzdem kann Kevin implizit in einer anderen Aufgabe auf einen normativen Aspekt der keimbahnverändernden Genom-Editierung eingehen, weshalb er die Niveaustufe I erreicht. Es ist somit auch in höheren Klassenstufen sinnvoll, ethisches Basiswissen zu vermitteln, um den Schülern eine Beurteilung zu ermöglichen.

Andere Schüler hingegen kennen die Definition von ethischen Werten und können sogar mehrere Werte nennen. Auffallend ist hier, dass die Schüler trotz geforderter Begründung ihre Auswahl nicht begründen. Entweder können die Schüler dies nicht oder sie wollen es nicht. Diese möglichen Trotzreaktionen der Schüler, die auch schon während des Prä-Tests zu beobachten waren, können teilweise auf eine Überforderung der Schüler zurückgeführt werden, da sie weder vor noch nach der Intervention über ein ausreichendes ethisches Basiswissen verfügen. Dies kann die Demotivation der Schüler noch verstärkt haben.

Insgesamt konnten in der Gruppe F weniger Werte identifiziert werden als in den vorherigen Gruppen, was sich nicht zuletzt mit der fehlenden Explizierung erklären lässt. Vor und nach der Intervention gibt es keine Unterschiede in den aufgeführten Werten. Trotzdem lassen sich in dieser Gruppe ähnliche ethische Werte ermitteln, wie in den anderen Gruppen zuvor. Diese Werte lassen sich somit aus dem Dilemma ableiten:

- Gesundheit
- Selbstbestimmung
- Sicherheit
- Natürlichkeit
- Leidverringering
- Recht auf körperliche Unversehrtheit
- Individualität
- Würde des Menschen

Interessant ist, dass in der Gruppe F das erste Mal die Würde des Menschen explizit als Wert auftritt. Dieser Wert wird von einem Schüler in einer Aufzählung benannt.

Es bleibt unklar, welche Argumente sich für diesen Schüler dahinter verbergen. Auch wenn dieser Wert nach der Intervention auftritt, ist ebenfalls nicht belegt, dass dieser aus der Intervention resultiert. Ältere Probanden benennen die Menschenwürde häufiger als berührten Wert einer keimbahnverändernden Genom-Editierung (VAJEN et al., 2021). Auch der DEUTSCHE ETHIKRAT (2019) diskutiert die Menschenwürde als einen der historisch wichtigsten ethischen Orientierungsmaßstäbe. Aufgrund der zentralen Stellung der Menschenwürde im Grundgesetz hätten auch die Schüler dieser Studie diesen Wert nennen können. Eine ausführlichere Diskussion hierzu folgt in der vergleichenden Diskussion aller Gruppen.

Zusammengefasst hat die fachliche Intervention keine Auswirkungen auf die Teilkompetenz *Beurteilen*. Ein Großteil der genannten Werte kann sich allerdings aus dem Dilemma ableiten lassen. Zur Unterstützung dieser Aussage werden nachfolgend die Ergebnisse der Kontrollgruppe diskutiert.

6.2.4 Kontrollgruppe

Die Schüler der Kontrollgruppe zeigen ebenfalls keine Entwicklung. Somit lässt das Dilemma aus dem Fragebogen eine Werteanalyse zu, ohne selbst einen Lerneffekt zu erzeugen. Darüber hinaus bestätigt die fehlende Kompetenzentwicklung auch den positiven Effekt der bewertungsorientierten Intervention und die fehlende Auswirkung der fachlichen Intervention.

Auch inhaltlich reflektieren die Schüler der Kontrollgruppe ähnliche Werte wie die vorherigen Gruppen. Allerdings beurteilen in dieser Gruppe schon zu Beginn zwei der fünf Schüler auf der Niveaustufe II. Nur wenige Werte werden dabei explizit benannt, sie werden eher teilweise begründet umschrieben:

- Gesundheit
- Selbstbestimmung
- Gleichberechtigung
- Natürlichkeit
- Leidverringerung
- Recht auf körperliche Unversehrtheit
- Individualität
- Würde des Menschen

Ein Schüler der Gruppe K geht ebenfalls auf die Würde des Menschen ein. Allerdings entfällt auch hier eine Begründung dieses Wertes. Außerdem zeigen die Ergebnisse dieser Gruppen, dass Veränderungen von Werten vor und nach der Intervention ohne Anlass möglich sind. Somit ist eine Kompetenzentwicklung vor allem an der Werteexplizierung und der Erkenntnis von Wertekonflikten zu messen und weniger an der Veränderung

der genannten Werte. Nennen die Schüler mehr Werte als zuvor, kann dies durch die Interventionen hervorgerufen sein.

Die obengenannten Werte dieser Gruppe stellen einen unbeeinflussten Querschnitt der wichtigsten Werte für die Schüler dieser Stichprobe dar. Diese werden in der vergleichenden Diskussion aufgegriffen, um so Schlussfolgerungen für die Förderung der Teilkompetenz *Beurteilen* im Biologieunterricht zu ziehen.

6.2.5 Vergleichende Diskussion

Um die Teilkompetenz *Beurteilen* im Unterricht fördern zu können, ist eine Klärung des Wertebegriffs hilfreich. So ist den Schülern nicht nur die moralische Relevanz einer Situation leichter zugänglich, sondern eine Werteexplizierung und das Erkennen von Wertekonflikten wird ermöglicht. Dies ist anhand des Vergleichs der Kompetenzentwicklungen der Schüler in den verschiedenen Versuchsgruppen zu sehen. Ohne eine gezielte Förderung des Erkennens von Werten verändert sich diese Teilkompetenz nicht. Die Schüler der Gruppen F und K bleiben also vor und nach der Intervention auf ihren Ni-veaustufen. In den Studien von HÖSSLE (2001), MITTELSTEN SCHEID (2008) und REITSCHERT (2009) konnte ebenfalls festgestellt werden, dass es Schülern schwerfällt, ethische Werte zu nennen und zu begründen.

Die Schüler aller Gruppen kennen vor der Intervention kaum ethische Werte und können diese auch selten explizit benennen. Selbst wenn der Begriff im Vorunterricht in den Fächern Werte und Normen, Biologie oder Religion angesprochen wurde, gelingen ihnen keine Anwendung oder ein Transfer auf die Situation des Dilemmas. Nach der Intervention, in der sowohl der Wertebegriff definiert als auch Beispielwerte durch einen Wertepool vorgestellt wurden, fällt es den Schülern der Gruppen FBW und BW leichter, Werte zu explizieren und Wertekonflikte aufzustellen.

Allerdings konnten ALFS et al. (2011) keine derartigen Ergebnisse ermitteln. Die Schüler in ihrer Erhebung haben sich bei der Teilkompetenz *Beurteilen* kaum verbessert, obwohl ein vergleichbarer, unterrichtlicher Ansatz angestrebt wurde. Trotzdem deuten die Ergebnisse der Gruppen FBW und BW vor allem im Vergleich zu den Ergebnissen der Gruppen F und K auf einen positiven Effekt der Intervention zur Förderung der Bewertungskompetenz hin. Daher ist die Verwendung eines Wertepools in der Kombination mit einer Klärung des Wertebegriffs durchaus gewinnbringend für die Schüler (HÖSSLE, 2001; HÖSSLE & ALFS, 2014; VISSER, 2014). In der Studie von ALFS et al. wurde die ethische Bewertungskompetenz im Nachgang an den Labortag an der Universität von den jeweiligen Fachlehrkräften gefördert. Dabei ist nicht ersichtlich, in welcher Form diese Förderung stattgefunden hat. Um eine Begründung ethischer Werte zu erleichtern, kann eine Anwendung der Werte zur Ausformulierung von syllogistischen Argumenten sinnvoll sein.

Dennoch ist es wichtig, während des Unterrichts nicht nur auf einzelne berührte Werte

einzuwenden, sondern auch Wertekonflikte zu thematisieren. Dies könnte während der Zuordnung von Werten zu unterschiedlichen Argumenten geschehen. Häufig fällt in dieser Phase schon auf, dass zu einem Argument mehrere Werte zugeordnet werden können. In diesem Zusammenhang würde sich auch eine Diskussion anbieten, die unterschiedliche Wertekonflikte beinhaltet. Zusätzlich können unterschiedliche Argumente gezielt einem Wert zugeordnet werden, um Wertekonflikte zu verdeutlichen. Des Weiteren ermöglicht die Definition der Werte aus dem Wertepool einen sinngemäßen Gebrauch dieser und sollte deswegen ebenfalls ergänzt werden. Dieses Vorgehen kann in der vorliegenden Studie zu einer Kompetenzentwicklung geführt haben. Inwiefern sich hierdurch signifikante Unterschiede ergeben, sollte durch größer angelegte Studien untersucht werden.

Auffällig ist, dass in allen Gruppen die körperliche Unversehrtheit als relevanter Wert genannt wird. Auch dieser Wert wird durch ein Grundgesetz gestützt und scheint für die Schüler dieser Studie eine hohe Bedeutung zu haben. Der DEUTSCHE ETHIKRAT (2019) sieht diese durch den Orientierungsmaßstab Lebens- und Integritätsschutz berührt. Besonders die Optimierung des Menschen wird „als Würdeverstoß und Eingriff in das Recht auf Leben und körperliche Unversehrtheit und in das allgemeine Persönlichkeitsrecht der unmittelbar betroffenen Menschen identifiziert“ (DEURING, 2019, S. 343). Da viele Schüler in dieser Studie ebenfalls eine Optimierung des Menschen als Problem der keimbahnverändernden Genom-Editierung beschreiben, ist auch die Benennung der körperlichen Unversehrtheit nicht verwunderlich. Dieser Wert passt außerdem zu den ebenfalls wichtigen Werten Individualität und Selbstbestimmung, die den Persönlichkeitsrechten zuzuordnen sind. In anderen internationalen Studien ist der Lebens- und Integritätsschutz nicht als zentraler Grund gegen eine keimbahnverändernde Genom-Editierung aufgeführt. Möglicherweise ist dies also ein Wert, der vor allem bei deutschen Jugendlichen dieser Studie thematisiert wird. Im Vergleich dazu fällt der seltene Gebrauch des Wertes der Menschenwürde auf. Dieser hat einen sogar noch höheren Stellenwert im deutschen Grundgesetz und wird auch vom DEUTSCHEN ETHIKRAT (2019) als leitender Orientierungsmaßstab diskutiert. Trotzdem beschreiben nur zwei Schüler der gesamten Stichprobe diesen Wert als relevant. Diese Schüler kommen aus den Gruppen F und K. Auch dieser Punkt ist erstaunlich, zumal die Würde des Menschen ein Bestandteil des Wertepools ist und somit nach der Intervention von den Schülern der Gruppen FBW und BW genannt werden können hätte. Im Unterricht haben die Schüler diesen Wert ebenfalls kaum berücksichtigt. Obwohl die Menschenwürde im Mittelpunkt einer der beiden ethischen Denktraditionen ist, die laut der KMK (2005) im Biologieunterricht als Kriterien zur Bewertung bioethischer Themen dienen sollen, scheint diese den Schülern nicht geläufig. Dies könnte daher kommen, dass die Bewertungskompetenz an sich einen geringen Stellenwert im Biologieunterricht einnimmt (ALFS, 2012). Ethisches Bewerten ist somit nicht zwangsläufig ein wiederkehrendes Thema im Biologieunterricht, weshalb den Schülern hier allgemein Vorwissen fehlt. Darüber hinaus besitzt der Begriff Menschenwürde im Gegensatz zur körperlichen Unversehrtheit vielfältige Verwendungsmöglichkeiten (BIRNBACHER, 2011). Aus diesem Grund könnten bei den Ju-

gendlichen Unsicherheiten hinsichtlich des abstrakten Würdebegriffs bestehen, sodass sie diesen nicht verwenden. Auch hier könnte die Klärung der Bedeutung dieses Wertes hilfreich sein, um eine Nennung und Begründung dieses Wertes zu ermöglichen. Durch den Vergleich der Gruppen können die für die Schüler wichtigsten Werte herausgestellt werden. Diese werden vor der Intervention benannt oder umschrieben:

- Gerechtigkeit
- Gesundheit
- Individualität
- Leidverringering
- Natürlichkeit
- Recht auf körperliche Unversehrtheit
- Selbstbestimmung
- Sicherheit

Durch die Intervention zur Förderung der Bewertungskompetenz konnten die oben aufgezählten Werte explizit benannt und begründet werden. Außerdem kam es zur Ergänzung weiterer Werte:

- wissenschaftlicher Fortschritt
- Freiheit
- Verantwortung
- Wohlstand

Zusammengefasst sehen die Schüler verschiedene ethische Werte durch die keimbahnverändernde Genom-Editierung berührt. Dabei wird nur selten die Menschenwürde als Wert aufgeführt. Durch die Intervention zur Förderung der Bewertungskompetenz fällt es den Schülern der Gruppen FBW und BW leichter Werte, zu explizieren und zu begründen. Wertekonflikte werden ebenfalls häufiger erläutert. Die fachwissenschaftliche Intervention hat keine Auswirkungen auf die Teilkompetenz *Beurteilen*. Somit kann für eine Förderung dieser Teilkompetenz die Verwendung eines Wertepools in Kombination mit einer Begriffserklärung gewinnbringend sein. Außerdem unterstützt eine Anwendung von ethischen Werten zur Bildung von Argumenten nach dem praktischen Syllogismus die Begründung dieser Werte. Ob die Gesamtheit oder einzelne Komponenten diese Teilkompetenz verbessern, müsste in anschließenden Studien überprüft werden.

Zusammenfassung der Teilkompetenz Beurteilen:

- *Durch die keimbahnverändernde Genom-Editierung werden laut den Schülern ethische Werte berührt (vgl. Aufzählung S. 163).*
- *Die Würde des Menschen wird nur von zwei Schülern der Stichprobe als Wert benannt.*

Unterrichtliche Handlungsempfehlungen

- *Durch die Definition des Wertebegriffs und die Verwendung eines Wertepools können die Schüler normative Aspekte einer Situation besser beschreiben.*
- *Ein gezieltes Gegenüberstellen von Argumenten zu einem Wert oder von mehreren Werten zu einem Argument kann das Erkennen von Wertekonflikten erleichtern.*
- *Eine Definition ausgewählter Werte kann deren Bedeutung verdeutlichen, sodass diese sinngemäß begründet oder in Argumenten angewendet werden können.*
- *Fachwissen hat keine Auswirkung auf die Teilkompetenz Beurteilen.*

Forschungsimplicationen

- *Gibt es nationale Unterschiede/altersbedingte Unterschiede im Erkennen ethischer Werten?*
- *Welche Auswirkungen hat eine Definition ausgewählter Werte auf die Verwendung dieser?*
- *Welche Schritte der Intervention zur Förderung der Bewertungskompetenz fördern die Teilkompetenz Beurteilen in besonderem Maße? Oder ist es die Gesamtheit der Schritte, die eine Förderung ergeben?*

6.3 Wie verändert sich die Begründung des eigenen Urteils?

Bei der Teilkompetenz *Urteilen* sind besonders in den Gruppen, die eine Intervention zur Förderung der Bewertungskompetenz erhielten, Kompetenzentwicklungen einzelner Schüler ermittelt worden. Wenige Schüler der Gruppen F und K verschlechtern sich bei dieser Teilkompetenz. Die weiteren Schüler verbleiben auf ihrer Niveaustufe (vgl. Kapitel 5.3.5). Welche Schlussfolgerungen aus diesen Ergebnissen gezogen werden können, wird folgend für die einzelnen Interventionsgruppen diskutiert.

6.3.1 Gruppe Fachwissen und Bewertung

Insgesamt ist in der Gruppe FBW eine positive Entwicklung der Teilkompetenz *Urteilen* zu erkennen, da nach den Interventionen alle Schüler ihr Urteil begründen. Die Hälfte der Schüler wägt nach der Intervention in ihrem Urteil außerdem Argumente und Gegenargumente ab, weshalb diese Schüler die Niveaustufe III erreichen.

Ursächlich für diese Veränderungen können die beiden Interventionen sein, wobei wie bei den anderen Teilkompetenzen vor allem die Intervention zur Förderung der Bewertungskompetenz positive Auswirkungen haben könnte. Für genauere Analysen bleiben die Ergebnisse der Gruppen BW und F abzuwarten. Trotzdem ist insbesondere während der bewertungsorientierten Intervention über das Aufstellen von Urteilen gesprochen worden. So wurde auf einer Metaebene mit den Schülern dieser Gruppe reflektiert, was ein fundiertes Urteil ausmacht. Diese Ergebnisse wurden auf dem tabellarischen Arbeitsblatt festgehalten. Darüber hinaus bildet die Argumentbildung zu unterschiedlichen Handlungsoptionen einen Kern dieser Intervention. Durch die Betrachtung der Argumente kann den Schülern die Formulierung von Gegenargumenten erleichtert worden sein. Die Ausformulierung konsistenter Argumente nach dem praktischen Syllogismus hat sich schon in anderen Studien als geeignete Übung zur Entwicklung der Urteilsbildung herausgestellt (ALFS et al., 2011; MITTELSTEN SCHEID, 2008). Ergänzend zu ihren Argumenten nutzen die Schüler im Post-Test vermehrt normative Aussagen mit expliziten Wertebezügen, sodass die Urteile insgesamt umfassender begründet werden. Diese Entwicklung ist aufgrund der Ergebnisse zur Teilkompetenz *Beurteilen* nicht überraschend, da die Schüler dieser Gruppe nach der Intervention besser Werte explizieren und begründen können. Eine Förderung des Werteverständnisses kann somit nicht nur Auswirkungen auf die Teilkompetenz *Beurteilen* sondern auch auf die des *Urteilens* haben.

Trotzdem hat sich eine Schülerin dieser Gruppe bei der Teilkompetenz *Urteilen* verschlechtert. Obwohl diese Schülerin vor der Intervention Gegenargumente für ihr Urteil abwägt, geht sie diesen Schritt nach der Intervention nicht mehr. Auch in der Studie von ALFS et al. (2011) wurde festgestellt, dass einige Schüler die Urteilsbildung nicht

oder nur in geringem Maße vollzogen haben. Als mögliche Erklärungen führen die Studienleiterinnen den hohen Schreibaufwand und die Position der Frage am Ende des Fragebogens an (ebd.). Diese Gründe könnten auch in der vorliegenden Studie zu einer Verschlechterung geführt haben und unterstützen auch die schon vorher diskutierte These der Demotivation, den Fragebogen erneut auszufüllen. Es ist aus diesen Gründen davon auszugehen, dass insbesondere diese Schülerin immer noch ein umfassendes und reflektiertes Urteil bilden könnte, auch wenn sie dies nicht mehr zeigt.

In Bezug auf die Entscheidungen der Schüler dieser Gruppe gibt es zwischen Prä- und Post-Test Umentscheidungen. Schüler, die sich zuvor gegen die Genom-Editierung ausgesprochen haben, entscheiden sich nach der Intervention für sie oder beziehen keine klare Stellung. Auch hier könnten die Interventionen Auswirkungen auf die Entscheidung der Jugendlichen haben, obwohl dies nicht absichtlich herbeigeführt wurde. Ergebnisse anderer Studien belegen allerdings, dass sich Urteile nicht durch Fachwissen oder andere Interventionen beeinflussen lassen (ALFS et al., 2011; KOLSTØ, 2006; MENTHE, 2012). Vielmehr könnte es sich um Zufallsschwankungen handeln (ALFS et al., 2011). Die Ergebnisse der weiteren Versuchsgruppen können hierüber Aufschluss geben.

Die Schüler entscheiden sich vor der Intervention mehrheitlich gegen die Genom-Editierung. Dieses Ergebnis steht im Gegensatz zum internationalen Forschungsstand (MCCAUGHEY et al., 2016; VAN LIESHOUT & DAWSON, 2016; XIANG et al., 2015). In den genannten Studien entscheiden sich die Probanden eher für eine Keimbahntherapie, wobei diese ausdrücklich nur für gesundheitliche Zwecke angewendet werden sollte. Besonders in Bezug auf eine Anwendung zur Optimierung des Menschen äußern sich die Probanden der Studie von XIANG et al. (2015) kritisch. Auch die Schüler dieser Gruppe befürchten eine Optimierung des Menschen und sind deswegen eher gegen eine keimbahnverändernden Genom-Editierung. In einer vergleichbaren Studie von VAJEN et al. (2021) wurden deutsche Studierende zur keimbahnverändernden Genom-Editierung befragt. Ähnlich wie die Schüler in dieser Studie entscheiden sich die Studierenden überwiegend gegen die Genom-Editierung. Möglicherweise handelt es sich um nationale Differenzen, welche in weiterführenden Studien analysiert werden könnten.

Nach der Intervention sprechen sich allerdings mehr Schüler für die Genom-Editierung aus, wobei diese Schüler eine Regulierung fordern, um die Optimierung des Menschen auszuschließen. Möglicherweise wurden die Schüler durch die Diskussion der Handlungsmöglichkeiten in der Intervention auf diese Option aufmerksam. Darüber hinaus kann der Nutzen der keimbahnverändernden Genom-Editierung zur Vorbeugung von Krankheiten durch die fachwissenschaftliche Intervention verdeutlicht worden sein. Außerdem könnten Zufallsschwankungen ein Grund für die neu Entscheidung der Jugendlichen sein. Dazu werden die Ergebnisse der folgenden Gruppen Aufschluss geben. Eine uneingeschränkte Zulassung der keimbahnverändernden Genom-Editierung wird von den Schülern dieser Gruppe nicht thematisiert. Vielmehr spielt die Regulierung eine wichtige Rolle bei der Entscheidung über einen möglichen Einsatz. Darüber hinaus sprechen für eine solche Editierung die Vorbeugung von Krankheiten, eine Leidverringerung und die Erfüllung des Kinderwunsches trotz einer Erbkrankheit. Auch ROBILLARD et al.

(2014) stellen fest, dass die Leidverringerung und die Vorbeugung von Krankheiten für die Befragten entscheidende Vorteile der Gentherapie sind. Der DEUTSCHE ETHIKRAT (2019) diskutiert in verschiedenen Fallbeispielen ebenfalls die Chance der Erfüllung eines Kinderwunsches durch die keimbahnverändernde Genom-Editierung, wobei im Einzelfall statt des Kinderwunsches das Wohl des Ungeborenen entscheidend sei. Die hierbei unerlässliche Chancen-Risiko-Abwägung ist durch eine Betrachtung relevanter ethischer Orientierungsmaßstäbe zu ergänzen (ebd.). Allerdings würde eine klinische Anwendung der keimbahnverändernden Genom-Editierung „voraussetzen, dass unerwünschte Nebenwirkungen weitgehend ausgeschlossen und die gewünschten Genveränderungen gleichwohl präzise erreicht werden können“ (ebd. S. 11). Diese Nebenwirkungen thematisieren auch die Schüler, die sich gegen die Genom-Editierung entscheiden. Außerdem bleibt die fehlende Selbstbestimmung, wie schon bei den vorherigen Teilkompetenzen, ein zentrales Thema in den Urteilen gegen die Genom-Editierung.

Weitere Gründe, die gegen eine Genom-Editierung sprechen, sind eine mögliche Überbevölkerung der Welt durch die Ausrottung jeglicher Krankheiten und eine Verfremdung des editierten Kindes, sodass dieses nicht als das eigene Kind erkannt wird. Einige der Argumente werden allerdings erst nach den Interventionen aufgeführt und scheinen somit aus diesen zu resultieren. Die australischen Schüler in der Studie von VAN LIESHOUT & DAWSON (2016) befürchten ebenfalls eine Überbevölkerung der Welt, wenn Gentherapien zugelassen werden. Die Verfremdung des eigenen Kindes wird dagegen in keiner der vorgestellten Studien diskutiert.

Ähnlich wie die Studierenden der Studie von VAJEN et al. (2021) sehen die Schüler dieser Gruppe die soziale Gerechtigkeit gefährdet. Um diese aufrecht zu erhalten, fordern die Schüler eine Kostenübernahme durch gesetzliche Krankenversicherungen. So kann jedem der Zugang zu einer keimbahnverändernden Genom-Editierung gewährt werden und wohlhabende Menschen können sich keinen Vorteil erkaufen. Sowohl der DEUTSCHE ETHIKRAT (2019) als auch die Probanden der chinesischen Studie von XIANG et al. (2015) teilen diese Befürchtung einer sozialen Ungerechtigkeit, weshalb diese einen wichtigen Punkt in der Debatte um die keimbahnverändernde Genom-Editierung darstellt.

Zusammenfassend haben die Interventionen Auswirkungen auf die Urteilsbildungen der Schüler dieser Gruppe. So verbessern sich diese in der Begründung und auch in der Darstellung von Gegenargumenten, wodurch sich ein Anstieg der Niveaustufen erklären lässt. Auch die Entscheidungen ändern sich teilweise, sodass nach den Interventionen mehr Schüler für eine keimbahnverändernde Genom-Editierung sind als vor der Intervention. Ob die Interventionen sich auf die Entscheidungen ausgewirkt haben, wird durch die Diskussion der Ergebnisse der anderen Versuchsgruppen näher untersucht.

6.3.2 Gruppe Bewertung

In der Gruppe BW sind ebenfalls Kompetenzentwicklungen zu erkennen, sodass nach der Intervention alle Schüler ihr Urteil begründen und ebenfalls die Hälfte der Schüler Gegenargumente zu ihrem Urteil berücksichtigen konnten. Somit kann die Betrachtung von Urteilen auf einer Metaebene die Teilkompetenz *Urteilen* gefördert haben. Außerdem kann die Analyse von Argumenten auf einer Werteebene gewinnbringend sein. Ob die Gesamtheit der Schritte in der Intervention zur Förderung dieser Teilkompetenz geführt hat oder nur einzelne Aspekte der Intervention, könnte in weiteren Studien untersucht werden. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse von anderen Studien zur Förderung der Bewertungskompetenz ist besonders das Zusammenspiel der sechs Schritte zur moralischen Urteilsbildung (HÖSSLE, 2001) gewinnbringend für die Entwicklung jener und weiterer Teilkompetenzen (ALFS et al., 2011; MITTELSTEN SCHEID, 2008; REITSCHERT, 2009).

Trotzdem hat sich auch in der Gruppe BW ein Schüler bei der Teilkompetenz *Urteilen* verschlechtert. Diese Verschlechterung lässt sich erneut durch die kürzeren Antworten des Schülers begründen, die aufgrund von Demotivation oder anderen schon diskutierten Effekten auftritt (ALFS et al., 2011). Ein direkter Zusammenhang zwischen den Interventionen und den Verschlechterungen lässt sich nicht erkennen.

Gleichzeitig stehen die Urteilsentscheidungen der Gruppe FBW in keinem Zusammenhang mit der Intervention, da sich in der Gruppe BW keine derartigen Veränderungen beobachten lassen. Die Schüler der Gruppe BW bleiben sowohl vor als auch nach der Intervention bei ihrem Urteil. Somit ist eine Beeinflussung der Schüler während der Intervention zum Bewerten unwahrscheinlich. Möglicherweise spielt die fachliche Intervention hier eine Rolle, obwohl dies in Anbetracht der Ergebnisse von KOLSTØ (2006) und MENTHE (2012) unwahrscheinlich ist. Näheres wird die Diskussion der Ergebnisse der Gruppe F zeigen.

Die Entscheidungen der Schüler dieser Gruppe stehen erneut im Kontrast zu denen internationaler Studien (MCCAUGHEY et al., 2016; ROBILLARD et al., 2014; VAN LIESHOUT & DAWSON, 2016; XIANG et al., 2015), da die Schüler vermehrt gegen die keimbahnverändernde Genom-Editierung argumentieren. Möglicherweise lässt die deutsche Vergangenheit die deutschen Probanden vorsichtiger über eine Keimbahnintervention urteilen, da solche Eingriffe eugenische Praktiken nach sich ziehen könnten (DEURING, 2019; DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019). Auch die deutschen Studierenden aus der Studie von VAJEN et al. (2021) stehen der keimbahnverändernden Genom-Editierung eher kritisch gegenüber. Vor allem die Optimierung des Menschen weckt Befürchtungen bei den Studierenden, weshalb sich viele gegen sie entscheiden (ebd.). Aus diesem Grund fordern die Schüler der Gruppe BW eine Regulierung der Genom-Editierung, um Optimierungen auszuschließen. Weitere Gründe gegen eine keimbahnverändernde Genom-Editierung sind laut den Schülern und Studierenden der Verlust an Individualität und genetischer Vielfalt (ebd.). Darüber hinaus argumentieren die Schüler dieser Gruppe weiterhin mit dem

Sicherheitsrisiko durch die Nebenwirkungen der Genom-Editierung sowie mit der fehlenden Selbstbestimmung des Embryos, um ihre Position gegen die Genom-Editierung zu bestärken. Argumente für die Genom-Editierung sind die Vorbeugung von Krankheiten sowie die Leidverringerung und die Erfüllung des Kinderwunsches trotz einer vererbten Krankheit. Die Schüler dieser Gruppe nutzen ähnliche ethische Werte wie bei der Teilkompetenz *Beurteilen*, um ihre Urteile zu fällen. Gleichzeitig stützen sie ihr Urteil nach der Intervention durch mehr Argumente, sodass sich auch inhaltlich eine Entwicklung zeigt. Die Intervention fördert durch die Betrachtung verschiedener Argumente zu unterschiedlichen Handlungsoptionen eine inhaltliche Ausdifferenzierung der eigenen Urteile. Die Förderung der Teilkompetenzen *Beurteilen* und *Urteilen* verläuft möglicherweise kongruent, da eine Werteexplizierung auch die Formulierung schlüssiger Argumente fördert und somit ein fundiertes und reflektiertes Urteil ermöglicht.

Die Intervention zur Förderung der Bewertungskompetenz hat somit positive Auswirkungen auf die Teilkompetenz *Urteilen*, wobei für endgültige Schlüsse die Ergebnisse der Kontrollgruppe abzuwarten sind. Die Betrachtung von Urteilen auf einer Metaebene kann diese Teilkompetenz in Kombination mit der Formulierung von schlüssigen Argumenten fördern. Durch diese Argumente kann den Schülern die Formulierung von Gegenargumenten zu ihrer Position erleichtert werden, sodass ein fundiertes Urteil gebildet werden könnte. Die Intervention hat allerdings keine Auswirkungen auf die Entscheidungen der Schüler, die in dieser Gruppe vermehrt gegen einen Einsatz der Genom-Editierung sind. Welche Auswirkungen die fachliche Intervention auf die Urteile der Schüler hat, wird folgend diskutiert.

6.3.3 Gruppe Fachwissen

In der Gruppe F sind keine Veränderungen durch die Intervention festzustellen. Die Schüler verbleiben auf ihren Niveaustufen und auch bei ihren Entscheidungen bezüglich der keimbahnverändernden Genom-Editierung. Es lässt sich also feststellen, dass die fachliche Intervention keine Auswirkungen auf die Teilkompetenz *Urteilen* hat. Darüber hinaus kommt es zu keiner Beeinflussung der Schüler durch die fachliche Intervention, da es in dieser Gruppe keine Umentscheidungen gibt. Warum sich die Schüler der Gruppe FBW unentschieden haben könnten, wird in der vergleichenden Diskussion näher betrachtet.

Ähnlich wie die Schüler der Gruppe BW und die Studierenden der Studie von VAJEN et al. (2021) entscheiden sich mehr Schüler der Gruppe F gegen eine keimbahnverändernde Genom-Editierung. Diese Ergebnisse unterstützen die Annahme, dass die deutsche Vergangenheit eine Rolle bei der Entscheidung der Schüler spielen könnte. Dies könnte in weiterführenden Studien durch größere Stichproben untersucht werden. Möglicherweise kann diese Skepsis auch auf den hohen Bildungsgrad der Probanden zurückzuführen werden, wobei Studien mit australischen Schülern oder chinesischen Studierenden eher

eine Befürwortung von Keimbahntherapien ergaben (VAN LIESHOUT & DAWSON, 2016; XIANG et al., 2015). Die Ergebnisse sind äquivalent mit denen breiter angelegter Studien, die einen Querschnitt der Gesellschaft befragt haben (MCCAUGHEY et al., 2016; ROBILLARD et al., 2014), weshalb vermutlich internationale Unterschiede eher als der Bildungsgrad eine Rolle bei der Entscheidung spielen. Für genauere Analysen bedarf es an dieser Stelle weiterer Forschungen.

Darüber hinaus sind in der Gruppe F gruppendynamische Effekte nicht auszuschließen, da die Schüler der Teilnahme an der Studie mit einer negativen Voreinstellung begegneten. Dies könnte sich auch auf ihre Entscheidung zur Genom-Editierung ausgewirkt haben. Wie schon zuvor beschrieben, kann solchen gruppendynamischen Prozessen nur durch wesentlich größere Stichproben begegnet werden. Zusätzlich könnten auch die Positionen der Protagonisten aus dem Dilemma die Schüler beeinflussen, sodass sie sich vermehrt gegen die Genom-Editierung entscheiden. Hierzu können die Ergebnisse der Kontrollgruppe Aufschluss geben.

Im Zuge ihrer Urteile fordern auch die Schüler der Gruppe F eine Regulierung der Genom-Editierung, um Optimierungen an Menschen zu vermeiden. Außerdem argumentieren die Schüler mit den Nebenwirkungen und einem Verlust an Natürlichkeit gegen die Genom-Editierung. Dieser Verlust an Natürlichkeit wird auch von den Studierenden der Studie von VAJEN et al. (2021) thematisiert.

Da in dieser Gruppe nur zwei Schüler für die keimbahnverändernde Genom-Editierung sind und die übrigen Schüler keine Gegenargumente anbringen, lassen sich weniger Argumente für einen Einsatz ermitteln. Die Schüler dieser Gruppe argumentieren mit der Gesundheit und der Leidverringerung für einen Einsatz. Schlussfolgernd fällt den Schülern eine Argumentation gegen ihre eigene Position schwer, weshalb eine Betrachtung von Argumenten zu unterschiedlichen Positionen im Unterricht umso wichtiger erscheint.

Zusammengefasst hat die fachliche Intervention keine Auswirkungen auf die Teilkompetenz *Urteilen*. Außerdem ergeben sich durch sie keine Veränderungen bei den Entscheidungen der Schüler dieser Gruppe. Es wird allerdings deutlich, dass die Schüler dieser Gruppe der keimbahnverändernden Genom-Editierung kritisch gegenüber stehen, da auch in dieser Gruppe mehr Schüler gegen eine solche Anwendung sind.

6.3.4 Kontrollgruppe

In der Kontrollgruppe ist nur eine Veränderung zu beschreiben. Diese betrifft den Schüler Moritz (17), der im Post-Test durch seine grotesken Antworten auffällt. Auch bei dieser Teilkompetenz antwortet Moritz unsachlich und gefühlsbetont, weshalb er sich verschlechtert. Diese Verschlechterung steht nicht mit den Interventionen in einem Zusammenhang, sondern verdeutlicht die Demotivation der Schüler, den Fragebogen zweimal ernsthaft auszufüllen.

Die übrigen Schüler verbleiben auf ihren Niveaustufen. Dadurch wird deutlich, dass das Dilemma an sich zwar eine Urteilsbildung ermöglicht, sie aber nicht beeinflusst. Auch eine Beeinflussung der Entscheidungen der Schüler durch das Dilemma ist mit Hilfe dieser Gruppe auszuschließen, da sich mehr Schüler als in anderen Gruppen für eine Genom-Editierung entscheiden oder dieser unentschieden gegenüber stehen. Hierbei ist die geringe Anzahl an Probanden in der Gruppe zu berücksichtigen, die eine Pauschalisierung nur schwer zulässt. Trotzdem spiegelt sich in den Entscheidungen dieser Gruppe eher der internationale als der nationale Forschungsstand wider (MCCAUGHEY et al., 2016; ROBILLARD et al., 2014; VAJEN et al., 2021; VAN LIESHOUT & DAWSON, 2016; XIANG et al., 2015). Es kann somit sein, dass die eher ablehnende Haltung der vorherigen Gruppen eine zufällige Ursache hat.

Da die Urteile in dieser Gruppe nicht umfassend begründet wurden, lassen sich in dieser Gruppe nur sehr wenige Argumente zur Unterstützung der beiden Positionen finden. Für eine Genom-Editierung spricht erneut die Gesundheit und die Leidverringerung. Beide Aspekte werden auch von den Schülern anderer Gruppen analysiert, weshalb diese offenbar direkt aus dem Dilemma entnommen werden können. Darüber hinaus scheinen dies auch die wichtigsten Gründe für den Einsatz einer keimbahnverändernden Genom-Editierung zu sein. Dies ist kongruent mit den relevanten ethischen Werten, die diese Schülergruppe impliziert hat. Außerdem bestätigen auch andere Studien die Gesundheit und Leidverringerung als wichtige Gründe für eine Genom-Editierung (MCCAUGHEY et al., 2016; ROBILLARD et al., 2014; XIANG et al., 2015). Gegen eine Genom-Editierung werden die Selbstbestimmung und die Nebenwirkungen angeführt, die ebenfalls von anderen Gruppen diskutiert wurden und somit die Hauptargumente gegen den Einsatz der keimbahnverändernden Genom-Editierung bilden. Außerdem ergänzt ein Schüler dieser Gruppe die Benachteiligung existierender Menschen. Diese Benachteiligung diskutiert Julian (16) in allen Aufgaben. Hieraus lässt sich ableiten, dass dies ein besonders wichtiger Aspekt für ihn ist. Andere Schüler gehen auf diesen Punkt nicht ein.

Die Kontrollgruppe bestätigt die Eignung des Dilemmas zur Erhebung der Bewertungskompetenz. Darüber hinaus haben weder das Dilemma noch die Interventionen eine Auswirkung auf die Entscheidung der Schüler. Ebenso ermöglichen die Ergebnisse Einblicke in die wichtigsten Argumente, die für oder gegen einen Einsatz der keimbahnverändernden Genom-Editierung sprechen.

6.3.5 Vergleichende Diskussion

Bei der Teilkompetenz *Urteilen* können sich besonders die Gruppen FBW und BW verbessern. Während es in der Kontrollgruppe eine Veränderungen gibt, verbleiben die Schüler der Gruppe F auf ihrem Niveau. Es lässt sich also kein Effekt der fachlichen Intervention auf diese Teilkompetenz feststellen. Vielmehr ist es wichtig, dass die Schüler im Unterricht eigene Urteile bilden, diese reflektieren und Urteile anderer nachvollziehen, wie

es in der Intervention zur Förderung der Bewertungskompetenz geschehen ist. Durch diese Schritte können die Schüler andersartige Urteile kennenlernen und versuchen, sie zu akzeptieren. Während des Unterrichts wirkten einige Schüler erstaunt, dass es unterschiedliche Ansichten zu einer möglichen Anwendung der Genom-Editierung gibt. Eine Akzeptanz solcher andersartiger Urteile fällt Schülern laut CHUNG et al. (2016) schwer. Dies lässt sich auch aus der aktuellen Lebenssituation ableiten. Während des Jugendalters verändert sich viel in und an den Schülern, weshalb sie häufig vollständig mit ihren eigenen Problemen ausgelastet sind (OERTER & DREHER, 2008). Die Betrachtung anderer Perspektiven oder das Nachvollziehen andersartiger Urteile kann dadurch schwerfallen. Aus diesem Grund ist es umso wichtiger für die Schüler, auch während des Unterrichts verschiedene Meinungen zu hören. Dabei sollte allerdings immer dafür plädiert werden, dass Urteile an sich nicht angegriffen werden, sondern auf einer Metaebene analysiert werden. Durch eine solche Analyse können Stärken und Schwächen des Urteils deskriptiv festgestellt werden. Darüber hinaus kann die Betrachtung von Argumenten zu unterschiedlichen Positionen bei der Erörterung von Gegenargumenten helfen. Die Analyse verschiedener Argumente auf einer Wertebene scheint nicht nur die Teilkompetenz *Beurteilen* zu verbessern, sondern auch die des *Urteilens*, da auch normative Aspekte im Urteil berücksichtigt werden. Die eingesetzten Unterrichtsmaterialien, die sowohl ethische Begriffe erläutern, als auch eine übersichtliche Darstellung der Stundenergebnisse bieten, haben möglicherweise die Kompetenzentwicklung begünstigt. Besonders das tabellarische Übersichtsblatt kann eine Orientierung verschaffen und eine reflektierte Aufstellung des eigenen Urteils vereinfachen.

Die fachliche Intervention fördert die Urteilsbildung nicht. Dennoch kommt es in der Gruppe FBW zu Urteilsentscheidungen. Diese könnten aus der Kombination der beiden Interventionen entstehen. Die Schüler haben also sowohl einen tieferen Einblick in den Kontext der Genom-Editierung erhalten, als auch verschiedene Handlungsoptionen bewertet. Besonders diese Kombination kann einen Einfluss auf die Entscheidungen haben. Um Zufallsschwankungen auszuschließen, können Studien mit größeren Stichproben zur Überprüfung des Einfluss der Interventionen durchgeführt werden.

Insgesamt entscheiden sich in dieser Stichprobe mehr Schüler gegen die keimbahnverändernde Genom-Editierung als dafür. Dabei spielen die Interventionen und auch das vorgegebene Dilemma keine Rolle. Im Vergleich zu den Ergebnisse der Studie von VAJEN et al. (2021) zeichnet sich eine nationale Präferenz ab, da die Probanden in internationalen Studien der Gentherapie offener gegenüber stehen. Trotzdem lassen die Ergebnisse aufgrund der geringen Stichprobe keine endgültigen Schlüsse zu, weshalb hier weitere Forschungen anknüpfen sollten.

Beim Vergleich aller Gruppen lassen sich vor allem die Gesundheit und die Leidverringering als wichtigste Gründe für den Einsatz einer Genom-Editierung identifiziert. Diese werden von den Schülern der Gruppen FBW und BW um die Erfüllung eines Kinderwunschs ergänzt. Außerdem taucht die Forderung einer Regulierung zur Verhinderung einer Optimierung des Menschen ausschließlich in den Gruppen auf, die eine Intervention erhalten haben. Da diese Argumente aber teilweise schon vor der Intervention ge-

nannt werden, sind diese nicht zwangsläufig durch die Interventionen generiert. Der fruchtbare Austausch während der Interventionen kann diese Argumente allerdings ins Bewusstsein mehrerer Schüler gerückt haben, weshalb die Regulierung nach der Intervention etwas häufiger gefordert wird. Tendenziell lassen sich bei dieser Teilkompetenz die in Kapitel 6.2.5 aufgeführten ethischen Werte wieder entdecken, welche die Schüler zur Begründung ihrer Urteile heranziehen.

Die Gründe, die gegen eine Genom-Editierung sprechen, sind in erster Linie die fehlende Selbstbestimmung und die Nebenwirkungen. Außerdem betrachten die Schüler der Gruppen BW und FBW Folgen wie die Überbevölkerung der Welt oder den Verlust einer genetischen Vielfalt in ihren Begründungen gegen die Genom-Editierung. Diese können ebenfalls durch die Intervention induziert sein, wobei auch in anderen Studien diese Befürchtungen ermittelt wurden (VAJEN et al., 2021; VAN LIESHOUT & DAWSON, 2016).

Zusammengefasst stehen die Schüler dieser Studie der Genom-Editierung kritisch gegenüber. Damit die Schüler ihre Urteile fundiert und reflektiert aufstellen können, sollte dies im Unterricht geübt werden. Dabei bietet sich die Einnahme einer Metaebene an, um Kriterien für ein solches Urteil herauszuarbeiten. Darüber hinaus kann die Ausformulierung von Argumenten nach dem praktischen Syllogismus sinnvoll sein.

Zusammenfassung der Teilkompetenz Urteilen:

- *Ein Großteil der Schüler ist gegen die keimbahnverändernde Genom-Editierung, da die Nebenwirkungen dieser nicht absehbar sind und die Zustimmung des Embryos zu diesem Eingriff fehlt.*
- *Für eine Genom-Editierung spricht die Gesundheit und die Leidverringerng. Gegen den Einsatz sprechen die Selbstbestimmung des Embryos und die unvorhersehbaren Nebenwirkungen.*
- *Die Schüler fordern mehrheitlich eine Regulierung, damit die Genom-Editierung nicht zur Optimierung des Menschen genutzt werden kann.*

Unterrichtliche Handlungsempfehlungen

- *Ein Vergleich unterschiedlicher Urteile kann sowohl zur Akzeptanz andersartiger Urteile als auch zum Aufstellen von Gütekriterien zu einem fundierten Urteil führen.*
- *Das Aufstellen von Argumenten nach dem praktischen Syllogismus kann die Wahrnehmung von Gegenargumenten zur eigenen Position fördern.*
- *Das strukturierte Arbeitsblatt kann eine Ableitung des eigenen Urteils durch die Abwägung von unterschiedlichen Argumenten ermöglichen.*
- *Fachwissen hat keine Auswirkungen auf diese Teilkompetenz.*

Forschungsimplicationen

- *Der Einfluss von Fachwissen auf die Teilkompetenz Urteilen könnte in größer angelegten Studien überprüft werden.*
- *Woher stammt die Skepsis der deutschen Probanden gegenüber der keimbahnverändernden Genom-Editierung?*
- *Welche Schritte der Intervention zur Förderung der Bewertungskompetenz fördern die Teilkompetenz Urteilen in besonderem Maße? Oder ist es die Gesamtheit der Schritte, die eine Förderung ergeben?*

6.4 Didaktischer Ertrag für den Biologieunterricht

In diesem Unterkapitel wird der didaktische Ertrag der vorliegenden Studie in Bezug auf die Fragestellung zusammengefasst. Dabei liegt der Fokus auf der Erstellung von Handlungsempfehlungen für den Biologieunterricht, die ein ethisches Bewerten allgemein und im Kontext der keimbahnverändernden Genom-Editierung im Speziellen ermöglichen sollen. Aufgrund der geringen Stichprobenzahl sind diese nicht generalisierbar, weshalb eine Überprüfung der Empfehlungen mit größeren Stichprobenzahlen notwendig ist (vgl. Kapitel 7). Trotzdem ermöglichen diese Handlungsempfehlungen eine Orientierung während der Planung von bioethischen Unterrichtsstunden.

Einige Schüler der Gruppen FBW und BW entwickeln sich in Bezug auf die drei erho-benen Teilkompetenzen der ethischen Bewertungskompetenz *Wahrnehmen und Bewusst-machen der moralischen Relevanz*, *Beurteilen* und *Urteilen* durch eine Intervention zur För-derung der ethischen Bewertungskompetenz weiter. Hierdurch hat sich das ethische Ba-siswissen erweitert und auch sprachlich konnte eine Entwicklung festgestellt werden. Beides führt zu einer Kompetenzentwicklung, wie sie in den Gruppen FBW und BW beobachtet wurde. Fachwissen hat auf die Kompetenzentwicklung der angesprochenen Teilkompetenzen weder positive noch negative Auswirkungen. Vielmehr ist eine expli-zite ethische Betrachtung eines Themas notwendig, wobei die Genom-Editierung eine Kontextualisierung bietet. Generell kann die ethische Betrachtung eines Themas sogar in 90 Minuten erfolgen und mit wenig Aufwand in den Biologieunterricht integriert wer-den. Es ist aber anzumerken, dass eine Vertiefung der Inhalte mit größerem Zeiteinsatz gewinnbringend sein kann, da so die Kompetenzentwicklungen möglicherweise deutli-cher ausfallen könnten. Die weiteren Handlungsempfehlungen ermöglichen eine Förde-rung der ethischen Bewertungskompetenz:

1. Um dem Unterricht eine Struktur zu geben, die auch von den Schüler nach dem Unterricht noch angewendet werden kann, bieten sich die sechs Schritte der mo-ralischen Urteilsbildung nach HÖSSLE (2001) an. Mehrere Studien konnten eine Verbesserung der Bewertungskompetenz durch eine Schulung nach dieser Metho-de erkennen (ALFS et al., 2011; HEINISCH et al., 2018; HÖSSLE, 2001; MITTELSTEN SCHEID, 2008). Ein vorstrukturiertes Arbeitsblatt sowie die weiteren Arbeitsma-terialien, wie sie im Anhang ab Seite XXVII zu finden sind, kann den Schülern nicht nur während des Unterrichts die Orientierung erleichtern, sondern kann auch außerhalb der Schule zur Problemlösung angewendet werden. Diese Materialien bieten eine Planungsgrundlage für den bioethischen Unterricht zum Kontext der Genom-Editierung.
2. Fachwissen hat kaum Einfluss auf die Bewertung. Trotzdem liefert die keimbahn-verändernde Genom-Editierung einen spannenden Kontext, um anschließend ei-ne ethische Bewertung im Biologieunterricht zu integrieren. Außerdem vertieft die

Genom-Editierung das Verständnis der Proteinbiosynthese und kann so in den Lehrplan der Jahrgänge 10 und 11 aufgenommen werden.

3. Eine klare Definition und Diskussion des Problems kann die Wahrnehmung der moralischen Relevanz verbessern. Eine Klärung von ethischen Grundbegriffen kann die sprachlichen Fähigkeiten erweitert und kann so die Problematisierung erleichtern.
4. Durch die Verwendung eines Wertepools können die Schüler Werte leichter explizieren und begründen. Die Ausformulierung von Argumenten nach dem praktischen Syllogismus kann die Begründung von ethischen Werten vereinfachen und offenbart Wertekonflikte. Eine Definition ausgewählter Werte kann deren Bedeutung verdeutlichen, sodass diese sinngemäß begründet oder in Argumenten angewendet werden können.
5. Die Betrachtung von Urteilen auf einer Metaebene kann die Teilkompetenz *Urteilen* fördern. Das Aufstellen von Argumenten nach dem praktischen Syllogismus ermöglicht die Wahrnehmung von Gegenargumenten zur eigenen Position.
6. Das im Fragebogen genutzte Dilemma lässt eine Analyse der moralischen Relevanz zu und ist somit für den bioethischen Unterricht zum Kontext der Genom-Editierung geeignet.
7. Lernarrangements müssen passend auf die Lerngruppen zugeschnitten werden, um eine Kompetenzentwicklung zu erreichen. Die in dieser Studie erstellten Arbeitsblätter können dazu genutzt und flexibel eingesetzt werden. So wurden diese schon auf andere Kontexte wie die ethische Bewertung von Tierversuchen und Schwangerschaftsabbrüchen oder eine Nachhaltigkeitsprüfung von Weihnachtsbäumen übertragen.

Eine Berücksichtigung dieser Handlungsempfehlungen kann die erhobenen Teilkompetenzen fördern und eine unterrichtliche Umsetzung erleichtern. Ein Einfluss dieser Intervention auf die anderen Teilkompetenzen *Wahrnehmen und Bewusstmachen der eigenen Einstellung, Argumentieren, Ethisches Basiswissen, Folgenreflexion* und *Perspektivenwechsel* müsste in anderen Studien untersucht werden.

Da Lehrkräfte Schwierigkeiten mit der Ergebnisoffenheit von bioethischen Themen im Biologieunterricht haben (ALFS, 2012), können die gewährten Einblicke in die Bewertung der Jugendlichen die Vorbereitung des Unterrichts und die darin vorkommenden Diskussionen erleichtern:

Zusammengefasst sehen die Schüler dieser Stichprobe vor allem das Problem der Veränderung der DNA des Embryos, die ohne dessen Zustimmung erfolgt. Darüber hinaus kann zwar einer Krankheit vorgebeugt werden und somit der ethische Wert Gesund-

heit bewahrt werden, aber trotzdem ist die Genom-Editierung aufgrund der unvorhersehbaren Nebenwirkungen ein Risiko. Dieses Risiko gefährdet die Sicherheit des Embryos und es tangiert verschiedene weitere ethische Werte. Aufgrund der fehlenden Zustimmung des Embryos und der möglichen Nebenwirkungen entscheidet sich ein Großteil der Schüler gegen eine keimbahnverändernde Genom-Editierung. Sollte es zu einem Einsatz kommen, so fordert die Mehrheit die Schüler eine Regulierung der Genom-Editierung, sodass eine Optimierung des Menschen ausgeschlossen wird. Dies kann die Individualität, die soziale Gerechtigkeit und die genetische Vielfalt der Menschheit schützen.

Es ist zwar davon auszugehen, dass es gruppenspezifische Unterschiede bei der Entscheidung und den Bewertungen gibt, trotzdem werden bestimmte ethische Werte (Gesundheit, Selbstbestimmung, Individualität) möglicherweise auch in anderen Lerngruppen diskutiert. Folglich kann die Bewertung der Schüler dieser Studie Lehrkräften als Beispiel und Orientierung dienen, „um der gefürchteten Offenheit und der Gefahr der daraus entstehenden Unsicherheit zu entgehen“ (ALFS, 2012, S. 324). Darüber hinaus kritisieren Lehrkräfte, „dass bisher zu wenig praxisorientierte, einsatzfähige Materialien zum Kompetenzbereich ‚Bewertung‘ vorhanden sind“ (ebd. S. 326). Solche können anhand der Ergebnisse dieser Studie in Kombination mit den Handlungsempfehlungen für den Biologieunterricht angeboten werden.

6.5 Methodendiskussion

Durch die Diskussion der Ergebnisse wird deutlich, dass die Methodik der Studie überprüft werden sollte.

Insgesamt lässt sich durch die Vielfalt der Ergebnisse und auch der Beantwortung der Forschungsfragen die Methode der Studie als geeignet herausstellen. Durch die Fragebögen ist es möglich, eine hohe Zahl an Probanden vor und nach der Intervention zu befragen. Zusätzlich bietet dieser Fragebogen die Möglichkeit, auch in Zukunft die ethische Bewertungskompetenz zu erheben, indem das Dilemma durch ein anderes ersetzt wird. Trotz der Eignung des Fragebogens für diese Studie wären auch Interviews denkbar gewesen. Diese ermöglichen eine offenere Erhebung der Bewertungskompetenz und haben den entscheidenden Vorteil, dass sowohl Interviewer als auch Interviewter Nachfragen stellen können (NIEBERT & GROPENGIESSER, 2014). Vermutlich hätten die Schüler in der Face-to-Face-Situation auch nach der Intervention ernsthaft und ausführlich antworten können. Außerdem ist ein Vorteil von Interviews, dass die Schüler weniger schreiben müssen und so die Redundanz minimiert werden könnte. Selbst wenn nach einer Intervention dasselbe Interview noch einmal geführt wird, ist die Erinnerung an diese Fragen weniger präsent als bei einem Fragebogen (ebd.). Während der Beantwortung eines Fragebogens können sich die Probanden ihre Antworten allerdings wesentlich genauer überlegen, wodurch eine intensivere Auseinandersetzung mit dem Bewertungsgegen-

stand ermöglicht wird, wobei der Fragebogen im Gegensatz zum Interview Lese- und Schreibkompetenzen erfordert. Für eine große Zahl an Fragen, die ein gewisses Maß an Komplexität beinhalten, ist „das Interview der Fragebogentechnik vorzuziehen“ (DÖRING & BORTZ, 2016, S. 357). Bei kleineren Stichproben wäre der Einsatz eines Interviews durchaus möglich. In dieser Studie hingegen ist eine Großzahl an Probanden geplant gewesen, weshalb der Fragebogen durch die Möglichkeit, in kurzer Zeit viele Personen befragen zu können, und aufgrund der diskreten und anonymen Befragungssituation als optimal erscheint. Besonders die freie Äußerung von Gedanken bezüglich der Keimbahntherapie könnte in einer Interviewsituation stärker eingeschränkt werden, da das Interview durch die Face-to-Face-Situation eine größere Reaktivität hervorruft als ein Fragebogen (ebd.).

Eine weitere Möglichkeit, viele Probanden zu befragen, könnte auch ein Gruppeninterview darstellen. In diesem könnte der Fragebogen als Leitfaden dienen und so „auf ökonomische Weise die Positionen mehrerer Befragungspersonen ermitteln“ (DÖRING & BORTZ, 2016, S. 379). Dabei sind Gruppeninterviews deutlich fokussierter und weniger offen gestaltet als Gruppendiskussionen (ebd.). Es besteht allerdings die Gefahr der Bildung einer Gruppenmeinung, weshalb ein Gruppeninterview eher für explorative Vorstudien geeignet ist (ebd.). So kann gegenüber Einzelinterviews Zeit gespart und trotzdem eine Vielzahl an Ergebnissen erlangt werden. Gruppeninterviews erschweren außerdem Einblicke in die Kompetenzniveaus der einzelnen Schüler, da nicht jeder Schüler zu jeder Frage antwortet. Es bleibt für weitere Studien zu prüfen, ob der Fragebogen aufgrund der besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse besonders für Interventionsstudien mit Messwiederholungen geeignet ist oder sich andere Alternativen ergeben. Möglicherweise könnte der Fragebogen entsprechend der Studie von Warnstedt (2020) erweitert werden. In dieser erhielten die Probanden nach der Intervention ihren Prä-Test zurück, um so ihre eigenen Antworten zu ergänzen und zu erweitern. Dieses Vorgehen verringert die Redundanz und den Schreibaufwand, sodass die Ergebnisse weniger verfälscht werden (WARNSTEDT, 2020).

Des Weiteren könnte auch der Fragebogen angepasst werden. Für einen Einsatz ohne Intervention würde sich möglicherweise die Erklärung des Wertebegriffs in einer Fußnote anbieten. Ergänzend könnte gezielter nach Argumenten für und gegen die eigene Position gefragt werden, indem die Aufgabe zur eigenen Stellungnahme in Unteraufgaben gegliedert würde. Darüber hinaus versprechen auch Fragen zu Vorstellungen über einen Ablauf der Genom-Editierung spannende Ergebnisse, um Rückschlüsse auf das Fachwissen bezüglich der Genom-Editierung zuzulassen. Gleichzeitig könnten Argumentationsstrukturen aufgezeigt werden, welche aufgrund fehlender Sachinformationen fachlich falsch sind.

In Bezug auf die Intervention könnte zunächst der Zeitraum reflektiert werden. Für eine erneute Studie wäre ein Zeitraum empfehlenswert, der weniger durch Grippewellen oder andere Krankheitswellen beeinflusst wird. Eine Möglichkeit wäre hier, der Zeitraum kurz vor oder nach die Sommerferien zu legen.

Aufgrund der hohen Komplexität des Kontexts der Genom-Editierung und des ethi-

6 Diskussion der Ergebnisse

schen Bewertungsvorganges wäre eine passendere, thematische Eingliederung in den Fachunterricht empfehlenswert. Die Funktion und der Aufbau von Enzymen wären zur Vorbeugung von Verständnisschwierigkeiten für zukünftige Interventionen zur Genom-Editierung als Voraussetzung zu betrachten. Trotzdem sind auch die Interventionen dieser Studie geeignet, eine bessere Darstellung der Stellungnahmen der Jugendlichen zu erreichen.

Die Jahrgangsstufe, in der die Studie stattfand, hat sich ebenso als geeignet herausgestellt. Es sei hier darauf hingewiesen, dass die Proteinbiosynthese vor dem Unterrichten der Genom-Editierung abgeschlossen sein sollte, um alle notwendigen fachlichen Grundlagen zu nutzen und Verständnisschwierigkeiten vorzubeugen.

Abschließend ist zu bemerken, dass eine qualitative Auswertung für die Ermittlung der Bewertungskompetenz als angemessen erscheint. Eine rein quantitative Ausrichtung würde die Offenheit der Studie begrenzen. Es könnte für weitere Studien mit größeren Stichproben trotzdem gewinnbringend sein, eine Berechnung von Signifikanzen und Effektstärken zur besseren Generalisierbarkeit der Ergebnisse zu ergänzen (DÖRING & BORTZ, 2016). Hierfür könnte der Fragebogen mit leichten Modifikationen eingesetzt werden.

7 Ausblick

Ziel dieser Studie war es, einen Einblick in die Bewertung von Jugendlichen im Kontext der keimbahnverändernden Genom-Editierung zu erhalten und unterrichtliche Implikationen für die Förderung der ethischen Bewertungskompetenz in diesem Kontext zu erstellen. Beide Ziele konnten erreicht werden, sodass Leitlinien für den Unterrichtseinsatz in Kapitel 6.4 aufgestellt werden konnten. Trotzdem haben sich durch diese Studie weitere Fragestellungen und Forschungsimplicationen ergeben, die nachfolgend zusammengefasst werden.

Für die Erhebung der Bewertungskompetenz bietet sich der qualitative Fragebogen an. Dieser ermöglicht nicht nur eine Vielzahl an Ergebnissen, sondern auch eine Erhebung mit hohen Probandenzahlen (DÖRING & BORTZ, 2016). Um eine Verallgemeinerung der Ergebnisse dieser Studie zu erlangen, müsste diese noch einmal mit einer größeren Stichprobe durchgeführt werden. In diesem Falle würde die hier vorliegende Studie als eine Vorstudie zur Generierung von Hypothesen betrachtet werden. Die Hypothesen könnten den Implikationen für den Biologieunterricht entsprechen. Darüber hinaus bietet es sich in einer erweiterten Studie an, mehrere Schulen und/oder Schulformen zu vergleichen. So kann nicht nur die Probenzahl erweitert, sondern auch ein größerer Querschnitt der Schülerschaft befragt werden. Außerdem werden so gruppenspezifische Prozesse relativiert und ein Zusammenhang zwischen Bildungsgrad und Entscheidungen überprüft. Geschulte Lehrkräfte könnten dann die Interventionen parallel in ihren eigenen Klassen durchführen. Zusätzlich könnten die Ergebnisse dieser Studie im Hinblick auf die Auswirkungen von Fachwissen auf die ethische Bewertungskompetenz ausgewertet werden. Auch die weiteren Teilkompetenzen sowie deren Kompetenzentwicklungen könnten erhoben und überprüft werden.

Des Weiteren könnten die einzelnen Schritte der Intervention zur Förderung der Bewertungskompetenz überprüft werden, um genauere Implikationen für den Biologieunterricht zu erstellen. So könnten relevante Bausteine für den Biologieunterricht ermittelt werden, die einen flexiblen, wirkungsvollen Einsatz im alltäglichen Unterrichtsgeschehen ermöglichen.

Eine weitere Studie kann sich mit der Genom-Editierung an sich beschäftigen. Hierfür würde sich eine explorative Studie mit dem Ziel Vorstellungen Hoffnungen und Befürchtungen gegenüber der Genom-Editierung darzustellen, anbieten. Darüber hinaus bietet sich die Betrachtung der Bewertung von größeren Stichprobenzahlen und nicht nur von gymnasialen Schülern oder Studierenden an, um mögliche nationale Tendenzen zu er-

mitteln. Hierbei müssten auch internationale Vergleichsgruppen befragt werden. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie deuten eine Unabhängigkeit der ethischen Bewertung vom Fachwissen an. Es ist zu überprüfen, ob dies nur für die keimbahnverändernde Genom-Editierung gilt oder auch auf andere Kontexte bezogen werden kann. In diesem Zusammenhang wäre ein Einsatz der Unterrichtsmaterialien zum ethischen Bewerten aus dieser Studie auch in anderen Kontexten möglich. Dafür müsste der Einstieg durch eine themenspezifische Problematisierung ersetzt werden.

Auch der Fragebogen kann in anderen Kontexten angewendet werden, indem das Dilemma ausgetauscht wird. So kann ein universell einsetzbares Testinstrument für die Erhebung der ethischen Bewertungskompetenz herausgearbeitet werden, wobei die vorliegende Studie und auch die Studien von VISSER (2014) und VAJEN et al. (2021) eine Grundlage hierfür bilden.

Abschließend ist die Integration des Kontextes der Genom-Editierung und auch die Bewertung bioethischer Konflikte im Biologieunterricht wünschenswert (ALFS et al., 2011; VAJEN et al., 2021). Die Ergebnisse dieser Studie können hierfür als Ausgangspunkt genutzt werden, um eine erfolgreiche unterrichtliche Umsetzung zu erleichtern. Die erstellten Arbeitsblätter können als Grundlage dienen, um lerngruppenorientierte Unterrichtsmaterialien zum ethischen Bewerten oder zum Bereich der nachhaltigen Entwicklung für verschiedenste Kontexte zu entwickeln.

Literatur

- ADLI, M. (2018). The CRISPR tool kit for genome editing and beyond. *Nature Communication*, 9(1911), 1–13.
- ALFS, N. (2012). *Ethisches Bewerten fördern - Eine qualitative Untersuchung zum fachdidaktischen Wissen von Biologielehrkräften zum Kompetenzbereich "Bewertung"*. Verlag Dr. Kovač.
- ALFS, N., HÖSSLE, C. & ALFS, T. (2011). *Eine Interventionsstudie zur Entwicklung der Bewertungskompetenz bei Schülerinnen und Schülern im Rahm des Projektes HannoverGEN* (Abschlussbericht). Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg.
- ASLAN, S. E., BECK, B., DEURING, S., von FALLOIS, M., HÄHNEL, M., HALTAUFDERHEIDE, J., LEIDENFROST, R., PRIMC, N., REUBEIS, G., RÜTHER, M. & SCHNEIDER, K. (2018). *Genom-Editierung in der Humanmedizin: Ethische und rechtliche Aspekte von Keimbahneingriffen beim Menschen*. Centrum für Bioethik.
- BALTIMORE, D., BERG, P., BOTCHAN, M., CARROLL, D., CHARO, A. R., CHRUCH, G., CORN, J. E., DALEY, G. Q., DOUDNA, J. A., FENNER, M., GREELY, H. T., JINEK, M., MARTIN, G. S., PENHOET, E., PUCK, J., STERNBERG, S., WEISSMAN, J. & YAMAMOTO, K. R. (2015). A prudent path forward for genomic engineering and germline gene modification. *Science*, 384(6230), 36–38.
- BARRANGOU, R. & DOUDNA, J. A. (2016). Applications of CRISPR technologies in research and beyond. *Nature Biotechnology*, 34, 933–341.
- BARRANGOU, R., FREMEUX, C., DEVEAU, H., RICHARDS, M., BOYAVAL, P., MOINEAU, S., ROMERO, D. A. & HORVATH, P. (2007). CRISPR provides acquired resistance against viruses in prokaryotes. *Science*, 315(5819), 1709–1712.
- BAYERTZ, K. (2009). Hat der Mensch eine ‚Natur‘? Und ist sie wertvoll? In M. G. WEISS (Hrsg.), *Bios und Zoë. Die menschliche Natur im Zeitalter ihrer technischen Reproduzierbarkeit* (S. 191–218). Suhrkamp Taschenbuch.
- BAYERTZ, K. & BECK, B. (2017). Der Begriff der Verantwortung in der Moderne: 19.-20. Jahrhundert. In L. HEIDBRINK, C. LANGBEHN & J. LOH (Hrsg.), *Handbuch Verantwortung* (S. 133–147). Springer Spektrum.
- BETSCH, T. & HABERSTROH, S. (2005). Current Research on Routine Decision Making: Advances and Prospects, The Routines of Decision Making. *The routines of decision making*. Erlbaum Associates: Mahwah.

- BHAYA, D., DAVISON, M. & BARRANGOU, R. (2011). CRISPR-Cas Systems in Bacteria and Archaea: Versatile Small RNAs for Adaptive Defense and Regulation. *Annual Review of Genetics*, 45, 273–297.
- BIRNBACHER, D. (2004). Menschenwürde - abwägbar oder unabwägbar? In M. KETTNER (Hrsg.), *Biomedizin und Menschenwürde* (S. 249–271). Suhrkamp Taschenbuch.
- BIRNBACHER, D. (2011). Drei Begriffe von Menschenwürde. In J. C. JOERDEN, E. HILGENDORF, N. PETRILLO & F. THIELE (Hrsg.), *Menschenwürde und moderne Medizintechnik* (S. 43–57). Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG.
- BÖCK, B. (2019). Fridays for Future. *Chemie Ingenieur Technik*, 91(4), 371.
- BÖGEHOLZ, S. (2014). Bewertungskompetenz für systematisches Entscheiden in komplexen Gestaltungssituationen Nachhaltiger Entwicklung. In D. KRÜGER & H. VOGT (Hrsg.), *Theorien in der biologiepädagogischen Forschung* (S. 209–220). Springer Spektrum.
- BÖGEHOLZ, S., HÖSSLE, C., LANGELT, J., SANDER, E. & SCHLÜTER, K. (2004). Bewerten-Urteilen-Entscheiden im biologischen Kontext: Modelle im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 89–115.
- BOHNSACK, R. (2010). *Rekonstruktive Sozialforschung. Einführung in qualitative Methoden*. Verlag Barbara Budrich.
- BOREL, B. (2017). CRISPR, microbes and more are joining the war against crop killers. *Nature*, 543, 302–304.
- BOSLEY, K. S., BOTCHAN, M., BREDENOORD, A. L., CARROLL, D., CHARO, R. A., CHARPENTIER, E., COHEN, R., CORN, J., DOUDNA, J. A., FENG, G., GREELY, H. T., ISASI, R., JI, W., KIM, J.-S., KNOPPERS, B., LANPHIER, E., LI, J., LOVELL-BADGE, R., MARTIN, G. S., ... ZHOU, Q. (2015). CRISPR germline engineering - the community speaks. *Nature Biotechnology*, 33, 478–486.
- BUCHMAN, A., GAMEZ, S., LI, M., ANTOSHECHKIN, I., LI, H.-H., WANG, H.-W., CHEN, C.-H., KLEIN, M. J., DUCHEMIN, J.-B., PARADKAR, P. N. & AKBARI, O. S. (2019). Engineered resistance to Zika virus in transgenic *Aedes aegypti* expressing a polycistronic cluster of synthetic small RNAs. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 9, 3656–3661.
- BYBEE, R. (2002). Toward an Understanding of Scientific Literacy. In W. GRÄBER & C. BOLTE (Hrsg.), *Scientific Literacy* (S. 37–68). Leske + Budrich.
- CALLIESS, C. & RUFFERT, M. (2016). *EUV/AEUV Kommentar. Das Verfassungsrecht der Europäischen Union mit Europäischer Grundrechtecharta*. C. H. Beck Verlag.
- CATHOMEN, T. & PUCHTA, H. (2018). Basiswissen CRISPR/Cas. In T. CATHOMEN & H. PUCHTA (Hrsg.), *CRISPR/Cas9 - Einschneidende Revolution in der Gentechnik* (S. 1–6). Springer Verlag.
- CHUNG, Y., YOO, J., KIM, S.-W., LEE, H. & ZEIDLER, D. L. (2016). Enhancing students' communication skills in the science classroom through socioscientific issues. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14, 1–27.
- COHEN, J. (2019). Moratorium for germline editing splits biologists. *Science*, 363(6432), 1130–1131.

- COLLER, B. S. (2019). Ethics in human genome editing. *Annual Review of Medicine*, 70, 289–305.
- ČRNE-HLADNIK, H., PEKLAJ, C., KOŠMELJ, K., HLADNIK, A. & JAVORNIK, B. (2009). Assessment of Slovene secondary school students' attitudes to biotechnology in terms of usefulness, moral acceptability and risk perception. *Public Understanding of Science*, 18(6), 747–758.
- CYRANOSKI, D. (2016). CRISPR gene-editing tested in a person for the first time. *Nature*, 539, 479.
- CYRANOSKI, D. & LEDFORD, H. (2018). International outcry over genome-edited baby claim. *Nature*, 563(7733), 607–608.
- DEURING, S. (2019). *Rechtliche Herausforderungen moderner Verfahren der Intervention in die menschliche Keimbahn*. Springer Verlag.
- DEUTSCHER ETHIKRAT (Hrsg.). (2013). *Die Zukunft der genetischen Diagnostik - von der Forschung in die klinische Anwendung*.
- DEUTSCHER ETHIKRAT (Hrsg.). (2019). *Eingriffe in die menschliche Keimbahn*.
- DIEKMANN, A. (2013). *Empirische Sozialforschung* (7. Aufl.). Rowohlt Taschenbuchverlag.
- DIETRICH, J. (2004). Grundzüge ethischer Urteilsbildung. Ein Beitrag zur Bestimmung ethischphilosophischer Basiskompetenzen und zur Methodenfrage der Ethik. In J. ROHBECK (Hrsg.), *Ethisch-philosophische Basiskompetenz* (S. 65–96). Thelem.
- DITTMER, A. & GEBHARD, U. (2012). Stichwort Bewertungskompetenz: Ethik im naturwissenschaftlichen Unterricht aus sozial-intuitionistischer Perspektive. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 81–98.
- DÖRING, N. & BORTZ, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Springer Verlag.
- DOUDNA, J. A. & CHARPENTIER, E. (2014). The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science*, 346(6213), 1258096.
- DULITZ, B. & KATTMANN, U. (1990). *Bioethik - Fallstudien für den Unterricht*. Carl Ernsts Poeschel Verlag.
- DÜWELL, M. & STEIGLEDER, K. (2003). Zu Geschichte, Bedeutung und Aufgaben. In M. DÜWELL & K. STEIGLEDER (Hrsg.), *Bioethik - Eine Einführung*. Suhrkamp Taschenbuch.
- EBERBACH, W. H. (2016). Genom-Editing und Keimbahntherapie. *Medizinrecht*, 34(10), 758–773.
- EBERT, T. (2015). *Soziale Gerechtigkeit. Ideen - Geschichte - Kontroversen* (Bd. 1571). Schriftenreihe der Bundeszentrale für politische Bildung.
- EBRAHIMI, S., TEIMOORI, A. & TABASI, H. K. M. (2019). Harnessing CRISPR/Cas 9 System for manipulation of DNA virus genome. *Reviews in Medical Virology*, 29(1), e2009.
- EGGERT, S. (2008). *Bewertungskompetenz für den Biologieunterricht - Vom Modell zur empirischen Überprüfung* (Diss.). Georg-August-Universität Göttingen.
- EGGERT, S. (2017). Bewerten, Argumentieren und Entscheiden in komplexen und Problemsituationen - Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern (nicht nur) im

- Biologieunterricht. In A. SANDMANN & P. SCHMIEMANN (Hrsg.), *Biologiedidaktische Forschung: Schwerpunkte und Forschungsstände* (S. 103–115). Logos Verlag.
- EGGERT, S. & BÖGEHOLZ, S. (2006). Göttinger Modell der Bewertungskompetenz - Teilkompetenz Bewerten, Entscheiden und Reflektieren für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 177–196.
- EGGERT, S. & BÖGEHOLZ, S. (2010). Students' Use of Decision Making Strategies with regard to Socioscientific Issues - An Application of the Rasch Partial Credit Model. *Science Education*, 94, 230–258.
- EGGERT, S. & HÖSSLE, C. (2006). Bewertungskompetenz im Biologieunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften*, 55, 1–10.
- EGUIZABAL, C., MONTSERRAT, N. & BELMONTE, J. C. I. (2019). Application of Gene-Editing Technologies in Embryos and Their Potential for Gene Therapy. *Human Reproductive and Prenatal Genetics*, 659–676.
- EIBACH, U. (2005). *Gentechnik und Embryonenforschung - Leben als Schöpfung aus Menschenhand?* R. Brockhaus Verlag.
- EUROPEAN UNION. (2016). Statement on Gene Editing. In EUROPEAN GROUP ON ETHICS IN SCIENCE AND NEW TECHNOLOGIES (Hrsg.), *EGE Opinions and Statements*. European Union.
- FRÜH, W. (2017). *Inhaltsanalyse*. UVK.
- GEBHARD, U., HÖSSLE, C. & JOHANNSEN, F. (2005). *Eingriff in das vorgeburtliche menschliche Leben*. Neukirchener Verlagshaus.
- GEBHARD, U., HÖTTECKE, D. & REHM, M. (2017). *Pädagogik der Naturwissenschaften*. Springer Verlag.
- GROPENGIESSER, H. (2005). Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung. *Die Praxis der qualitativen Inhaltsanalyse* (S. 172–189). Beltz Verlag.
- GROPENGIESSER, H. (2018). Unterricht planen. In H. GROPENGIESSER, U. HARMS & U. KATTMANN (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (S. 227–244). Aulis Verlag.
- GROPENGIESSER, H. & GEBHARD, U. (2018). Didaktische Rekonstruktion. In H. GROPENGIESSER, U. HARMS & U. KATTMANN (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (S. 16–23). Aulis Verlag.
- GUDJONS, H. (2006). *Methodik zum Anfassen*. Klinkhardt.
- GÜNTHER, H.-L., TAUPITZ, J. & KAISER, P. (Hrsg.). (2014). *Embryonenschutzgesetz. Juristischer Kommentar mit medizinisch-naturwissenschaftlichen Grundlagen*. Kohlhammer Verlag.
- GYNGELL, C., BOWMAN-SMART, H. & SAVULESCU, J. (2019). Moral reasons to edit the human genome: picking up from the Nuffield report. *Journal of Medical Ethics*.
- GYNGELL, C., DOUGLAS, T. & SAVULESCU, J. (2018). Ethik der keimbahnverändernden Gen-Editierung. In R. RANISCH, A. M. MÜLLER, C. HÜBNER & N. KNOEPFLER (Hrsg.), *Genome Editing - Quo vadis? Ethische Fragen zur CRISPR/Cas-Technik* (S. 161–184). Verlag Königshausen und Neumann GmbH.

- HABERMAS, J. (2013). *Die Zukunft der menschlichen Natur. Auf dem Weg zu einer liberalen Eugenik?* Suhrkamp Taschenbuch.
- HÄDER, M. (2010). *Empirische Sozialforschung*. VS Verlag.
- HAFT, D. H., SELENGUT, J., MONGODIN, E. F. & NELSON, K. E. (2005). A guild of 45 CRISPR-associated (Cas) protein families and multiple CRISPR/Cas subtypes exist in prokaryotic genomes. *PLOS Computational Biology*, 1, e60.
- HAMMANN, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle. *Mathematisch Naturwissenschaftlicher Unterricht*, 57(4), 196–203.
- HAMMANN, M. & ASSHOFF, R. (2015). *Schülervorstellungen im Biologieunterricht*. Klett Verlag.
- HAMMOND, A., GALIZI, R., KYROU, K., SIMONI, A., SINISCALCHI, C., KATSANOS, D., GRIBBLE, M., BAKER, D., MAROIS, E., RUSSELL, S., BURT, A., WINDBICHLER, N., CRISANTI, A. & NOLAN, T. (2016). A CRISPR-Cas9 gene drive system targeting female reproduction in the malaria mosquito vector *Anopheles gambiae*. *Nature Biotechnology*, 34, 78–83.
- HARMS, U., MAYER, J., HAMMANN, M., BAYRHUBER, H. & KATTMANN, U. (2004). Kerncurriculum und Standards für den Biologieunterricht in der gymnasialen Oberstufe. In H. E. TENNORTH (Hrsg.), *Kerncurriculum für die Oberstufe II* (S. 22–28). Beltz.
- HEINISCH, L. M., HÖSSLE, C., KRAUSE, U.-M. & RATHJE, W. (2018). Jugendliche bewerten die Möglichkeiten der Genom-Editierung - Eine Interventionsstudie. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 17, 27–44.
- HÖFFE, O. (2008). *Lexikon der Ethik*. Beck.
- HONECKER, M. (2004). Woher stammen die Kriterien menschlicher Normalität. In E. KLEIN & C. MENKE (Hrsg.), *Menschenrechte und Bioethik* (S. 174–186). Berliner Wissenschaftsverlag.
- HÖSSLE, C. (2001). *Moralische Urteilsfähigkeit. Eine Interventionsstudie zur moralischen Urteilsfähigkeit von Schülern zum Thema Gentechnik*. Studienverlag.
- HÖSSLE, C. (2013). Ethisches Bewerten im Unterricht. *Biologie unserer Zeit*, 2, 72–74.
- HÖSSLE, C. (2014). Theorien zur Entwicklung und Förderung moralischer Urteilsfähigkeit. In D. KRÜGER & H. VOGT (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 197–208). Spektrum Springer.
- HÖSSLE, C. & ALFS, N. (2014). *Doping, Gentechnik, Zirkustiere - Bioethik im Unterricht*. Aulis Verlag.
- HÖSSLE, C. & HEUSINGER VON WALDEGGE, K. (2010). Bewertungskompetenz diagnostizieren. *Mathematisch Naturwissenschaftlicher Unterricht*, 63(7), 428–434.
- HÖSSLE, C. & LUDE, A. (2004). Bioethik im naturwissenschaftlichen Unterricht - ein Problemaufriss. In C. HÖSSLE, D. HÖTTECKE & E. KIRCHER (Hrsg.), *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften* (S. 23–42). Schneider Verlag Hohengehren.
- HOSTENBACH, J. (2011). *Entwicklung und Prüfung eines Modells zur Beschreibung der Bewertungskompetenz im Chemieunterricht*. Logos Verlag.

- HOSTENBACH, J., FISCHER, H. E., KAUERTZ, A., MAYER, J., SUMFLETH, E. & WALPUSKI, M. (2011). Modellierung der Bewertungskompetenz in den Naturwissenschaften zur Evaluation der Nationalen Bildungsstandards. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 261–288.
- HÜBNER, C. (2018). Genome-Editing - Eine humangenetische Perspektive. In R. RANISCH, A. M. MÜLLER, C. HÜBNER & N. KNOEPFFER (Hrsg.), *Genome-Editing - Quo vadis? Ethische Fragen zur CRISPR/Cas-Technik* (S. 21–25). Königshausen & Neumann.
- INTERNATIONAL BIOETHICS COMMITTEE. (2015). Report of the IBC on Updating Its Reflection on the Human Genome and Human Rights [aufgerufen am 14.05.2019]. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000233258>
- ISENSEE, J. (2001). Die alten Grundrechte und die biotechnische Revolution. Verfassungsperspektiven nach der Entschlüsselung des Humangenoms. In J. BOHNERT & A. HOLLERBACH (Hrsg.), *Verfassung – Philosophie – Kirche. Festschrift für Alexander Hollerbach zum 70. Geburtstag*. (S. 243–266). Duncker & Humboldt.
- 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.
- JANSEN, R., von EMBDEN, J. D. A., GAASTRA, W. & SCHOOLS, L. M. (2002). Identification of genes that are associated with DNA repeats in prokaryotes. *Molecular Microbiology*, 43(6), 1565–1575.
- JINEK, M., CHYLINSKI, K., FONFARA, I., HAUER, M., DOUDNA, J. A. & CHARPENTIER, E. (2012). A programmable Dual-RNA-guided DNA Endonuklease in adaptive bacterial Immunity. *Science*, 337, 816–821.
- JINEK, M., EAST, A., CHENG, A., LIN, S., MA, E. & DOUDNA, J. A. (2013). RNA-programmed genome editing in human cells. *eLife*, 2, 1–9.
- JONES, A., MCKIM, A. & REISS, M. (2010). Towards introducing ethical thinking in the classroom: Beyond rhetoric. In A. JONES, A. MCKIM & M. REISS (Hrsg.), *Ethics in the science and technology classroom: A new approach to teaching and learning* (S. 1–5). Sense.
- KALLUS, K. W. (2012). *Erstellung eines Fragebogens*. Facultas.
- KANT, I. (1986). *Grundlegung zur Metaphysik der Sitten*. Reclam.
- KASS, L. R. (2003). Ageless bodies, happy souls: Biotechnology and the pursuit of perfection. *The New Atlantis*, 1, 9–28.
- KENTENICH, H., DORN, C., BUCHHOLZ, T., HILLAND, U. & DIEDRICH, K. (2015). Umsetzung der PID-Verordnung in Deutschland - Stand zum 13.01.2015. *Gynäkologische Endokrinologie*, 13, 57–60.
- KERSTEN, J. (2004). *Das Klonen von Menschen. Eine verfassungs-, europa- und völkerrechtliche Kritik*. Mohr Siebeck Verlag.
- KHADEMPAR, S., FAMILGHADAKCHI, S., MOTLAGH, R. A., FARAHANI, N., DASHTI-HANGAR, M., REZAEI, H. & HAYAT, S. M. G. (2019). CRISPR-Cas9 in genome

- editing: Its function and medical applications. *Journal of Cellular Physiology*, 234, 5751–5761.
- KILLERMANN, W., HIERING, P. & STAROSTA, B. (2016). *Biologieunterricht heute - Eine moderne Fachdidaktik*. Auer Verlag.
- KIPKE, R., ROTHHAAR, M. & HÄHNEL, M. (2017). Contra: Soll das sogenannte "Gene Editing" mittels CRISPR/Cas9-Technologie an menschlichen Embryonen erforscht werden? *Ethik in der Medizin*, 29, 249–252.
- KIRCHHOFF, S., KUHN, S., LIPP, P. & SCHLAWIN, S. (2010). *Der Fragebogen*. VS Verlag.
- KLIEME, E., MERKI, K. M. & HARTIG, J. (2007). Kompetenzbegriff und Bedeutung von Kompetenzen im Bildungswesen. In J. HARTIG & E. KLIEME (Hrsg.), *Möglichkeiten und Voraussetzungen technologiebasierter Kompetenzdiagnostik. Eine Expertise im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung*. (S. 5–15). BMBF.
- KMK. (2004). *Vereinbarung über Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)* (Beschluss). Sekretariat der ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland.
- KMK. (2005). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss* (Beschluss). Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland.
- KNOEPFLER, P. (2018). *Genmanipulierte Menschheit*. Springer.
- KNOTT, G. J. & DOUDNA, J. A. (2018). CRISPR - Cas guides the future of genetic engineering. *Science*, 361(6405), 866–869.
- KOFLER, N. & KRASCHEL, K. L. (2018). Treatment of heritable diseases using CRISPR: Hopes, fears, and reality. *Seminars in Perinatology*, 42(8), 512–521.
- KOHLBERG, L. (1974). *Zur kognitiven Entwicklung des Kindes*. Suhrkamp.
- KOHLBERG, L. (1976). Moral stages and moralization: The cognitive-development approach. In T. LICKONA (Hrsg.), *Moral development and behaviour. Theory, research and social issues* (S. 31–53). Holt, Rinehart; Winston.
- KOLSTØ, S. D. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85(3), 291–310.
- KOLSTØ, S. D. (2006). Patterns in Students' Argumentation Confronted with a Risk-focused Socio-scientific Issue. *International Journal of Science Education*, 28(14), 1689–1716.
- KORFF, W., BECK, L., MIKAT, P., HONNEFELDER, L., HUNOLD, G. W., MERTENS, G., HEINRICH, K. & ESER, A. (Hrsg.). (2000). *Lexikon der Bioethik*. Gütersloher Verlagshaus.
- KRÜGER, D. & RIEMEIER, T. (2014). Die qualitative Inhaltsanalyse - eine Methode zur Auswertung von Interviews. In D. KRÜGER, I. PARCHMANN & H. SCHECKER (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 133–145). Spektrum Springer.
- KUCKARTZ, U. (2010). *Einführung in die computergestützte Analyse qualitativer Daten*. VS Verlag.
- LAMNEK, S. (2010). *Qualitative Sozialforschung*. Beltz.

- LANDER, E. (2015). Brave new Genome. *The New England Journal of Medicine*, 373(1), 5–7.
- LANDER, E., BAYLIS, F., ZHANG, F., CHARPENTIER, E. & BERG, P. (2019). Adopt a moratorium on heritable genome editing. *Nature*, 567, 165–168.
- LANPHIER, E., URNOV, F., HAECKER, S. E., WERNER, M. & SMOLENSKI, J. (2015). Don't edit the human germ line. *Nature*, 519(7544), 410–411.
- LEDFORD, H. (2015). CRISPR - The Disruptor. *Nature*, 522(7554), 20–24.
- LIANG, P., XU, Y., ZHANG, X., DING, C., HUANG, R., ZHANG, Z., LV, J., XIE, X., CHEN, Y., LI, Y., SUN, Y., BAI, Y., SONGYANG, Z., MA, W., ZHOU, C. & HUANG, J. (2015). CRISPR/Cas9-mediated gene editing in human tripronuclear zygotes. *Protein and Cell*, 6(5), 363–372.
- LIND, G. (2006). Das Dilemma liegt im Auge des Betrachters. *Praxis der Naturwissenschaften - Die Biologie in der Schule*, 1(55), 10–16.
- LIU, J.-J., ORLOVA, N., I. OAKES, B., MA, E., SPINNER, H. B., I. M. BANEY, K., CHUCK, J., TAN, D., KNOTT, G. J., HARRINGTON, L. B., AL-SHAYEB, B., WAGNER, A., BRÖTZMANN, J., t. STAAHL, B., I. TAYLOR, K., DESMARAIS, J., NOGALES, E. & DOUDNA, J. A. (2019). CasX enzymes comprise a distinct family of RNA-guided genome editors. *Nature*, 566, 218–223.
- LÜBECK, M. (2018). *Der Kompetenzbereich Bewertung im Biologieunterricht*. Waxmann-Verlag.
- LUGER, O., TRÖSTL, A. & URFERER, K. (2017). *Gentechnik geht und alle an!* Springer Verlag.
- MA, H., MARTI-GUTIERREZ, N., PARK, S.-W., WU, J., LEE, Y., SUZUKI, K., KOSKI, A., DONGMEI, HAYAMA, T., AHMED, R., DARBY, H., DYKEN, C. V., LI, Y., KANG, E., PARK, A.-R., KIM, D., KIM, S.-T., GONG, J., GU, Y., ... MITALPOV, S. (2017). Correction of a pathogenic gene mutation in human embryos. *Nature*, 548, 1–7.
- MAGUIRE, J. A., CARDENAS-DIAZ, F. L., GADUE, P. & FRENCH, D. L. (2019). Highly efficient crispr-cas9-mediated genome editing in human pluripotent stem cells. *Current Protocols in Stem Cell Biology*, 48, e64.
- MAKAROVA, K. S., GRISHIN, N. V., SHABALINA, S. A., WOLF, Y. I. & KOONIN, E. V. (2006). A putative RNA-interference-based immune system in prokaryotes: Computational analysis of the predicted enzymatic machinery, functional analogies with eukaryotic RNAi, and hypothetical mechanisms of action. *Biology Direct*, 1(7), 1–26.
- MARTENS, E. (2003). *Methodik des Ethik- und Philosophie-Unterrichts. Philosophieren als elementare Kulturtechnik*. Siebert.
- MATTES, W. (2011). *Methoden für den Unterricht*. Schöningh.
- MAYRING, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. Beltz Verlag.
- MAYRING, P. (2016). *Einführung in die qualitative Sozialforschung*. Beltz Verlag.
- MAYRING, P. & FENZL, T. (2014). Qualitative Inhaltsanalyse. In N. BAUR & J. BALSUIS (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 543–556). Springer.
- MCCAUGHEY, T., SANFILIPPO, P. G., GOODEN, G. E., BUDDEN, D. M., FAN, L., FENWICK, E., REES, G., MACGREGOR, C., SI, L., CHEN, C., LIANG, H. H., BALDWIN, T., PÈBAY, A. & HEWITT, A. W. (2016). A Global Social Media Survey of Attitudes to Human Genome Editing. *Cell Stem Cell*, 18, 569–572.

- MCCULLOUGH, K. T., BOYE, S. L., FAJARDO, D., CALABRO, K., PETERSON, J. J., STRANG, C. E., CHAKRABORTY, D., GLOSKOWSKI, S., HASKETT, S., SAMUELSSON, S., JIANG, H., WITHERSPOON, C. D., GAMLIN, P. D., MAEDER, M. L. & BOYE, S. E. (2018). Somatic Gene Editing of GUCY2D by AAV-CRISPR/Cas9 Alters Retinal Structure and Function in Mouse and Macaque. *Human Gene Therapy*, 30, 571–589.
- MCKIM, A. (2010). Bioethics Education. In A. JONES, A. MCKIM & M. REISS (Hrsg.), *Ethics in the science and technology classroom: A new approach to teaching and learning* (S. 19–36). Sense.
- MEIER, M. & NITSCH, A. (2012). Miesmuschel vs. Pazifische Auster. Ein Duell im Wattenmeer. *Praxis der Naturwissenschaften*, 61(4), 6–14.
- MENTHE, J. (2012). Wider besseren Wissens?! Conceptual Change: Vermutungen, warum erworbenes Wissen nicht notwendig zur Veränderung des Urteilens und Bewertens führt. *Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung*, 1(1), 161–183.
- MITTELSTEN SCHEID, N. (2008). *Niveaus von Bewertungskompetenz. Eine empirische Studie im Rahmen des Projektes "Biologie im Kontext"*. Der andere Verlag.
- MITTELSTEN SCHEID, N. & HÖSSLE, C. (2007). Bewerten im Biologieunterricht: Niveaus von Bewertungskompetenz. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 6, 87–104.
- MÜHLHAUSEN, U. & WEGNER, W. (2006). *Erfolgreicher unterrichten?! Eine erfahrungsfundierte Einführung in die Schulpädagogik*. Schneider Verlag Hohengehren GmbH.
- MÜLLER, A. M. & STRACK, S. (2018). Neue Genome-Editing-Techniken: Von den Grundlagenwissenschaften zur Konsensbildung in Wissenschaft und Gesellschaft. In R. RANISCH, A. M. MÜLLER, C. HÜBNER & N. KNOEPFFLER (Hrsg.), *Genome-Editing - Quo vadis? Ethische Fragen zur CRISPR/Cas-Technik* (S. 11–20). Königshausen & Neumann.
- MÜNCH, N. (2018). Habermas' Kritik einer genetischen 'Verbesserung' des Menschen. In R. RANISCH, A. M. MÜLLER, C. HÜBNER & N. KNOEPFFLER (Hrsg.), *Genome Editing - Quo vadis? Ethische Fragen zur CRISPR/Cas-Technik* (S. 53–91). Verlag Königshausen und Neumann GmbH.
- NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING AND MEDICINE (Hrsg.). (2017). *Human Genome Editing - Science, Ethics, and Governance*. The National Academies Press.
- NATIONALE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN. (2015). *Chancen und Grenzen des genome editings*. Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e.V.
- NIEBERT, K. & GROPENGIESSER, H. (2014). Leitfadengestützte Interviews. In D. KRÜGER, I. PARCHMANN & H. SCHECKER (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 121–132). Springer Spektrum.
- NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM. (2015). *Kerncurriculum für das Gymnasium Schuljahrgänge 5-10 - Naturwissenschaften*. Unidruck.
- NORMILLE, D. (2019). Government report blasts creator of CRISPR twins. *Science*, 363(6425), 328.

- NUFFIELD COUNCIL ON BIOETHICS (Hrsg.). (2018). *Genome Editing and Human Reproduction: social and ethical issues*. Nuffield Council on Bioethics.
- OERTER, R. & DREHER, E. (2008). Jugendalter. In R. OERTER & L. MONTADA (Hrsg.), *Entwicklungspsychologie* (S. 271–333). Beltz Verlag.
- OSATO, M. (2004). Point mutations in the RUNX1/AML1 gene: another actor in RUNX leukemia. *Oncogene*, 23, 4284–4296.
- PORST, R. (1996). Fragebogenerstellung. In H. GOEBEL, P. NELDE, Z. STARY & W. WÖLCK (Hrsg.), *Kontaktlinguistik* (S. 737–744). De Gruyter.
- PORST, R. (2014). *Fragebogen - Ein Arbeitsbuch* (Bd. 4). Springer.
- PORTEUS, M. (2016). Genome Editing: A new approach to human therapeutics. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 56, 163–190.
- QUANTE, M. & VIETH, A. (2003). Welche Prinzipien braucht die Medizinethik? In M. DÜWELL & K. STEIGLEDER (Hrsg.), *Bioethik - Eine Einführung* (S. 136–151). Suhrkamp Taschenbuch.
- RATCLIFFE, M. (1997). Pupil decision making about socio-scientific issues within the science curriculum. *International Journal of Science Education*, 19, 167–182.
- REICH, J., FANGERAU, H., FEHSE, B., HAMPPEL, J., HUCHO, F., KÖCHY, K., KORTE, M., MÜLLER-RÖBER, B., TAUPITZ, J., WALTER, J. & ZENKE, M. (2015). *Genomchirurgie beim Menschen - Zur verantwortlichen Bewertung einer neuen Technologie*. Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften.
- REITSCHERT, K. (2009). *Ethisches Bewerten im Biologieunterricht. Eine qualitative Untersuchung zur Strukturierung und Ausdifferenzierung von Bewertungskompetenz in bioethischen Sachverhalten bei Schülern der Sekundarstufe I*. Verlag Dr. Kovač.
- REITSCHERT, K. & HÖSSLE, C. (2006). Die Struktur von Bewertungskompetenz. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 5, 99–114.
- REITSCHERT, K., LANGELT, J., HÖSSLE, C., MITTELSTEN SCHEID, N. & SCHLÜTER, K. (2007). Dimensionen Ethischer Urteilskompetenz. *Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht*, 60(1), 43–51.
- ROBILLARD, J. M., ROSKAMS-EDRIS, D., KUZELJEVIC, B. & ILLES, J. (2014). Prevailing Public Perceptions of the Ethics of Gene Therapy. *Human Gene Therapy*, 25, 740–746.
- RÜTSCHKE, B. (2017). Pro: Soll das sogenannte "Gene Editingmittels CRISPR/Cas9-Technologie an menschlichen Embryonen erforscht werden? *Ethik in der Medizin*, 29, 243–247.
- SADLER, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socio scientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 513–536.
- SADLER, T. D. (2011). Socio-scientific issues in classrooms as a means of achieving goals of science. In T. D. SADLER (Hrsg.), *Socio-scientific issues in the classrooms. Teaching, learning and research* (S. 1–9). Springer Verlag.
- SADLER, T. D., BARAB, S. A. & SCOTT, B. (2007). What do students gain by engaging in socioscientific inquiry? *Research in Science Education*, 37, 371–391.

- SANDER, J. D. & JOUNG, J. K. (2014). CRISPR-Cas Systems for editing regulating and targeting genomes. *Nature Biotechnology*, 32, 347–355.
- SAVIC, N. & SCHWANK, G. (2016). Advances in therapeutic CRISPR/Cas9 genome editing. *Translational Research*, 168, 15–21.
- SCHINDELE, P., WOLTER, F. & PUCHTA, H. (2018). Revolution in der Pflanzenzüchtung - Das CRISPR/Cas-System. *Biologie in unserer Zeit*, 2(48), 100–105.
- SCHOLL, A. (2015). *Die Befragung*. UVK.
- SCHÖNE-SEIFERT, B. (2017). Genscheren-Forschung an der menschlichen Keimbahn: Plädoyer für eine neue Debatte auch in Deutschland. *Ethik Medizin*, 29, 93–96.
- SCHOTT, H. (2002). Zur Biologisierung des Menschen. In R. VOM BRUCH & B. KADERAS (Hrsg.), *Wissenschaften und Wissenschaftspolitik: Bestandsaufnahmen zu Formationen, Brüchen und Kontinuitäten in Deutschland des 20. Jahrhunderts* (S. 99). Franz Steiner Verlag.
- SCHRAMME, T. (2002). *Bioethik*. Campus Verlag.
- SCHWANNEWEDEL, J. & MAYER, J. (2012). Modellierung von Bewertungskompetenz im Rahmen der Evaluation der Bildungsstandards. *Lehr-und Lernforschung in der Biologiedidaktik*, 5, 99–115.
- SCHWEIZER, R. & SCHOTT, M. (2008). Kommentar zu Art. 119a BV (Transplantationsmedizin). In B. EHRENZELLER, B. SCHINDLER, R. SCHWEIZER & K. A. VALLENDER (Hrsg.), *Die schweizerische Bundesverfassung, St. Galler Kommentar* (S. 1849–1860). Schulthess/Dike.
- SELMAN, R. L. (1984). *Die Entwicklung des sozialen Verstehens: entwicklungspsychologische u. klinische Untersuchungen*. Suhrkamp Verlag.
- STEFFEN, B. (2015). *Negiertes Bewältigen - Eine Grounded-Theory-Studie zur Diagnose von Bewertungskompetenz durch Biologielehrkräfte*. Logos Verlag.
- STROOP, B. S. B. (2015). Enhancement. *Preprints and Working Papers of the Centre for Advanced Study in Bioethics*, 71.
- TAKETANI, T., TAKI, T., TAKITA, J., TSUCHIDA, M., HANADA, R., HONGO, T., KANEKO, T., MANABE, A., IDA, K. & HAYASHI, Y. (2003). AML1/RUNX1 Mutations Are Infrequent, but Related to AML-M0, Acquired Trisomy 21, and Leukemic Transformation in Pediatric Hematologic Malignancies. *Genes, Chromosomes & Cancer*, 38, 1–7.
- THE NOBEL PRIZE OUTREACH. (2021). *The Nobel Prize in Chemistry 2020* [abgerufen am 21.01.2022]. <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2020/summary/>
- TIEMANN, R. & KÖRBS, C. (2014). Die Fragebogenmethode, ein Klassiker der empirischen didaktischen Forschung. In D. KRÜGER, I. PARCHMANN & H. SCHECKER (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 283–295). Springer Spektrum.
- UCHIYAMA, M., NAGAI, A. & MUTO, K. (2018). Survey on the perception of germline genome editing among the general public in Japan. *Journal of Human Genetics*, 63, 745–748.

- UN GENERAL ASSEMBLY. (1966). *International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights*. United Nations.
- UNESCO. (2018). UNESCO cautions against reckless application of gene editing. *The UNESCO Courier*.
- UNNERSTALL, H. (2003). Intertemporale Gerechtigkeit. In M. DÜWELL & K. STEIGLEDER (Hrsg.), *Bioethik - Eine Einführung* (S. 422–434). Suhrkamp Taschenbuch.
- URNOV, F. D., REBAR, E. J., HOLMES, M. C., ZHANG, H. S. & GREGORY, P. D. (2010). Genome editing with engineered zinc finger nucleases. *Nature Reviews Genetics*, 11, 636–646.
- VAJEN, B., RONEZ, J., RATHJE, W., HEINISCH, L., EBELING, S., GEBHARD, U., HÖSSLE, C. & SCHLEGELBERGER, B. (2021). Students' attitudes towards somatic genome editing versus genome editing of the germline using an example of familial leukemia. *Journal of Community Genetics*, 12, 397–406.
- VAN LIESHOUT, E. & DAWSON, V. (2016). Knowledge of, and Attitudes Towards Health-related Biotechnology Applications Amongst Australian Year 10 High School Students. *Journal of Biological Education*, 50(3), 329–344.
- VISSER, E. (2014). *Die Diagnose der Bewertungskompetenz durch schriftliche Aufgaben im Biologieunterricht*. Verlag Dr. Kovač.
- WALPER, S. (2014). Bindung und Individuation von Jugendlichen aus Trennungsfamilien. In K. H. BRISCH (Hrsg.), *Bindung und Jugend - Individualität, Gruppen und Autonomie* (S. 36–61). Klett-Cotta.
- WALPUSKI, M., KAUERTZ, A., KAMPA, N., FISCHER, H. E., MAYER, J., SUMFLETH, E. & WELLNITZ, N. (2010). ESNaS - Evaluation der Standards für die Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I. In A. GEHRMANN, U. HERICKS & M. LÜDERS (Hrsg.), *Bildungsstandards und Kompetenzmodelle* (S. 170–184). Julius Klinkhardt Verlag.
- WARNSTEDT, J. (2020). *Diagnostizieren, Handeln und Fördern : eine qualitative Studie zur Untersuchung und Förderung des diagnosebasierten Handlungswissens von Lehramtsstudierenden der Biologie*. Verlag Dr. Kovač.
- WEINERT, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. WEINERT (Hrsg.), *Leistungsmessung in Schulen* (S. 17–31). Beltz.
- WELTGESUNDHEITSORGANISATION. (1946). *Verfassung der Weltgesundheitsorganisation* (Techn. Ber.). Weltgesundheitsorganisation.
- WERNER, M. H. (2003). Hans Jonas' Prinzip Verantwortung. In M. DÜWELL & K. STEIGLEDER (Hrsg.), *Bioethik - Eine Einführung* (S. 41–56). Suhrkamp Taschenbuch.
- WILSON, M. & SLOANE, K. (2000). From Principles to Practice: An Embedded Assessment System. *Applied Measurement in Education*, 13(2), 181–208.
- WUKETIS, F. M. (2005). *Darwin und der Darwinismus*. Verlag C. H. Beck.
- WÜNSCHERS, R. (2019). *Gentechnik: Gene lesen, schreiben und editieren*. Springer Spektrum Verlag.

Literatur

- XIANG, L., XIAO, L., GOU, Z., LI, M., ZHANG, W., WANG, H. & FENG, P. (2015). Survey of Attitudes and Ethical Concerns Related to Gene Therapy Among Medical Students and Postgraduates in China. *Human Gene Therapy*, 26(12), 841–849.
- ZEIDLER, D. L. & SADLER, T. D. (2007). Social and ethical issues in science education: A prelude to action. *Science & Education*, 17(8), 799–803.
- ZEIDLER, D. L. & SADLER, T. D. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21, 49–58.
- ZHAN, T., RINDTORFF, N., BETGE, J., EBERT, M. P. & BOUTROS, M. (2019). CRISPR/Cas9 for cancer research and therapy. *Seminars in Cancer Biology*, 55, 106–119.
- ZOGLAUER, T. (1998). *Normenkonflikte. Zur Logik und Rationalität ethischen Argumentierens*. Frommann - Holzboog.
- ZOHAR, A. & NEMET, F. (2002). Fostering Students' Knowledge and Argumentation Skills Through Dilemmas in Human Genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(1), 35–62.

A Anhang

A.1 Fragebogen der Studie

Auf den folgenden Seiten wird der genutzte Fragebogen abgebildet.



Urheber: Fotolia/Gernot Krautberger

Zu den Möglichkeiten der Genom-Editierung

– Erhebung der ethischen Bewertungskompetenz von Jugendlichen –

Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg

Institut für Biologie und Umweltwissenschaften

Carl-von-Ossietzky Straße 9-11

26129 Oldenburg

AG Biologiedidaktik

Laura Maria Heinisch

Tel.: 0441-798 3919

E-Mail: laura.maria.heinisch@u-ol.de

Weitere Informationen unter:

<https://www.uni-oldenburg.de/ibu/biodidaktik/forschung/bmbf-ethische-bewertungskompetenz/>

Hinweise zum Ausfüllen

Die vorliegende Befragung besteht aus **vier** Abschnitten. Im ersten Abschnitt wird ein **Fallbeispiel** vorgestellt, das als erstes gelesen werden sollte. Im zweiten Abschnitt werden einige offene Fragen zur **ethischen Bewertung** des Fallbeispiels gestellt, die in Stichpunkten beantwortet werden können. Die Argumente sollten allerdings immer gut verständlich und leserlich sein. Im dritten Abschnitt werden einige Multiple-Choice Fragen zum **fachlichen Hintergrund** gestellt. Im vierten Abschnitt werden allgemeine **Fragen zu ihrer Person** gestellt. Kreuzen Sie hier bitte zutreffendes klar und deutlich an.

Beantworten Sie alle Fragen so ausführlich und genau wie möglich. Wenn Sie eine Aufgabe nicht verstehen, erklären Sie ihr Problem.

Vielen Dank für die Teilnahme an der Erhebung!

Laura Maria Heinisch

Bevor es losgeht, tragen Sie hier bitte ihren persönlichen Schlüssel ein, um eine anonyme Zuordnung der Daten gewährleisten zu können.

Anfangsbuchstabe des Vornamens Ihrer Mutter.

Anfangsbuchstabe des Vornamens Ihres Vaters.

Ihr eigener Geburts**monat** (z.B. Juni wird zu 06).

Bitte tragen Sie diesen Schlüssel auf jeder Seite der Reihenfolge nach in der Zeile „Persönlicher Schlüssel“ ein.

Paul (18 Jahre) und Marie (20 Jahre) sitzen zusammen am Frühstückstisch und haben gerade erfahren, dass Pauls Patentante Ulrike und ihr Mann Wilhelm eines der ersten Kinder in Deutschland zur Welt bringen wollen, das genetisch verändert wurde.

„Sie wussten ja auch lange nicht, ob sie überhaupt versuchen sollen, ein Kind zu bekommen. Denn sie hatten doch so große Sorgen, dass Wilhelm seine Leukämieveranlagung an ihr Kind weitervererbt. Schön, dass es nun auf diesem Wege doch klappen könnte“, sagt Paul.

Marie runzelt die Stirn: „Wie funktioniert so etwas denn überhaupt? Ich wusste gar nicht, dass das überhaupt möglich ist“

„Das Ganze nennt sich Genom-Editierung“, antwortet Paul. „Zuerst wird eine Eizelle von Ulrike künstlich mit einer Samenzelle von Wilhelm befruchtet. Das Gen, was für die Leukämie verantwortlich ist, wird in einem zweiten Schritt aus der DNA des Embryos ausgeschnitten und durch ein neues Gen ersetzt. Dadurch ist die Wahrscheinlichkeit, an Leukämie zu erkranken, gering. Das Tollste ist, dass es auch für zukünftige Generationen gilt. Ulrike und Wilhelm brauchen sich also keine Sorgen mehr zu machen, dass sie ihre Leukämieveranlagung noch an ihre Enkelkinder weitervererben. Da bin ich echt froh, dass so etwas jetzt möglich ist.“

Marie ist nicht überzeugt: „Man verändert also die DNA eines Menschen in einer Petrischale? So etwas kann man doch nicht machen!“

„Wieso denn nicht?“, antwortet Paul. „Man tut doch damit etwas Gutes, indem man den Ausbruch einer schweren Krankheit verhindert!“

Marie erwidert: „Wo soll das denn hinführen? Man darf doch nicht einfach eingreifen und einen Menschen verändern. Was wäre denn, wenn man mit der Genom-Editierung doch noch mehr verändert als man eigentlich geplant hat? Das weiß man doch alles gar nicht, ob man langfristig damit wirklich der Menschheit etwas Gutes tut. Nee, ich bin absolut gegen so etwas!“

A.2 Unterrichtsmaterialien zur Genom-Editierung

Auf den folgenden Seiten werden die Unterrichtsmaterialien für die fachliche Intervention abgebildet. Dabei werden sowohl verwendete Abbildungen als auch die Arbeitsblätter dargestellt. Den Abschluss bildet der Kurzentwurf für die Intervention.

Kurzentwurf der fachlichen Intervention

Sozialform	Beschreibung	Material
Plenum	Mind-Map zur Frage „Was würdet ihr am Menschen ändern, wenn ihr könntet?“	Tafel
Plenum	Aktivierung des Fachwissens: Beschreibung des Ursprungs von Merkmalen, wie die aus der Mind-Map	Abb. <i>Vom Gen zum Merkmal</i>
Gruppen-Partnerarbeit	„Durch die Genom-Editierung können wir unsere DNA gezielt verändern.“ Erarbeitung der Methode der Genom- Editierung durch Erstellung eines Fließschemas	Arbeitsblatt 1
Plenum	Erstellung von Definitionen der Genom-Editierung und CRISPR/Cas9. Schüler stellen ihre Fließdiagramme vor. Vergleich der Diagramme und Sicherung eines vollständigen Diagramms	Tafel, Dokumentenkamera
Plenum	Lehrkraft berichtet über Studien, die somatische Gentherapie und Keimbahntherapie testen	
Gruppen-Partnerarbeit	Schüler erarbeiten sich die Unterschiede von somatischer Gentherapie und Keimbahntherapie	Arbeitsblatt 2
Plenum	Vergleich der Therapieformen; Unterschied zwischen Mensch und Embryo deutlich machen	Tafel
Reserve	Film zum Ablauf und der Herkunft von CRISPR/Cas9 (Gott spielen dank CRISPR von Terra X)	Beamer & Laptop

CRISPR/Cas9 eine Revolution der Genom-Editierung?

Molekularbiologische Methoden, die eine gezielte Veränderung der DNA hervorrufen können, werden unter dem Begriff Genom-Editierung zusammengefasst. Eine weitere Bezeichnung ist Genom-Chirurgie, da die Veränderungen an der DNA gezielt und präzise ablaufen, wie ein Schnitt mit einem Skalpell bei einer Operation.



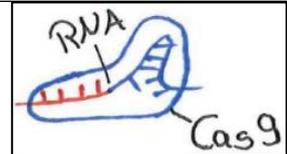
2012 wurde von der französischen Forscherin Emmanuelle Charpentier (l.) und der amerikanischen Forscherin Jennifer Doudna (r.) ein neues Werkzeug für die Genom-Editierung entdeckt. Dieses Werkzeug nennt sich CRISPR/Cas9.

CRISPR (ausgesprochen Krisper) ist eine englischsprachige Abkürzung für Gensequenzwiederholungen in der Bakterien-DNA. Cas9 ist ein Enzym, welches in der Lage ist, DNA durchzuschneiden.

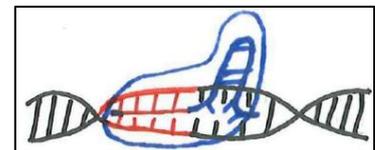
Mithilfe einer sogenannten CRISPR RNA (kurz: crRNA) kann

der Enzymkomplex CRISPR/Cas9 gezielt eine Stelle in der DNA schneiden. Das Besondere daran ist, dass jede beliebige Gensequenz geschnitten werden kann, wenn die Basenabfolge bekannt ist. Dazu kann die crRNA passend für die gewünschte Gensequenz angefertigt werden und zusammen mit dem Cas9 die DNA schneiden.

CRISPR steht für **C**lustered **R**egularly **I**nterspaced **S**hort **P**alindromic **R**epeats. Es sind gehäuft auftretende kurze Wiederholungen in der Bakterien-DNA, die sowohl von vorne als auch hinten gelesen die gleiche Bedeutung haben (Palindrom).



Zunächst wird das aus einem geeigneten RNA-Stück und dem Enzym Cas9 bestehende CRISPR/Cas9 in die Zelle gegeben. Dieser Enzymkomplex fährt dann die DNA entlang und überprüft, wo die RNA und die DNA komplementär zueinander sind. Wenn die passende Stelle gefunden wurde, schneidet das Enzym die DNA durch. Das Enzym löst sich dann von der DNA ab und wird von der Zelle abgebaut. Die Zelle ist jetzt allerdings



alarmiert, da die DNA durchgeschnitten wurde und versucht die DNA wieder zu reparieren. Dabei kann es passieren, dass sie einzelne Basen einfügt (Insertion). Es kann auch sein, dass sich einige Nukleotide ablösen und

AB 1	Genom-Editierung	
------	------------------	--

die DNA dann wieder zusammengefügt wird (Deletion). Möglich ist es auch, dass die DNA ohne Veränderung wieder zusammengefügt wird.

Es gibt allerdings noch einen weiteren Reparaturmechanismus, der in allen Zellen stattfinden kann: Forscher können ein DNA-Fragment in die Zelle einschleusen, welches dann in den Doppelstrangbruch der DNA eingefügt wird. Somit kann eine ganz neue Gensequenz in das Genom integriert werden.

Auf diese Weise können genetisch bedingte Krankheiten wie Krebs, Alzheimer oder Sichelzellanämie geheilt werden. Aber auch Pflanzen könnten resistenter gegen Pilze und Viren gemacht werden. Sie könnten schneller wachsen, mehr Früchte tragen oder langlebiger werden. Tiere könnte man insofern verändern, dass sie mehr Muskeln ansetzen oder mehr Milch geben. Dies sind nur einige der möglichen Anwendungsbereiche, die CRISPR/Cas9 bietet. Unter anderem könnten neben Krankheiten auch Haarfarben oder Intelligenz verändert werden. Aufgrund dessen gibt es eine gesellschaftliche Debatte über die Anwendung und den Einsatz von CRISPR/Cas9.

Aufgabe 1

Lesen Sie den obenstehenden Text aufmerksam durch. Kennzeichnen Sie alle Begriffe, die Ihnen unbekannt sind. Versuchen Sie mithilfe des Schulbuchs die Bedeutung der unbekanntenen Begriffe zu klären.

Aufgabe 2

Definieren Sie zunächst die Begriffe Genom-Editierung und CRISPR/Cas9.

Aufgabe 3

Skizzieren Sie ein Fließdiagramm zum Ablauf der Genom-Editierung, indem Sie Informationen aus dem Fließtext zusammenfassen.

AB 2	Genom-Editierung	
------	------------------	--

Somatische Gentherapie vs. Keimbahntherapie

Zur Heilung von erblich bedingten Krankheiten können zwei unterschiedliche Arten von Therapien verwendet werden. Die somatische Gentherapie betrifft nur differenzierte Körperzellen. Die Keimbahntherapie wird in künstlich befruchteten Eizellen durchgeführt. Beide Therapieformen können vor einer Erkrankung schützen und durchgeführt werden.

Mithilfe der folgenden Aufgaben sollen Sie einen Überblick über die beiden Therapieformen erhalten.

Aufgabe 1

Lesen Sie mit ihrem Partner die beiliegenden Broschüren durch. Teilen Sie sich so auf, dass jeder eine Broschüre liest.

Hinweis: Beide Broschüren sind bis auf den Teil zur Keimbahntherapie und zur somatischen Gentherapie identisch.

Aufgabe 2

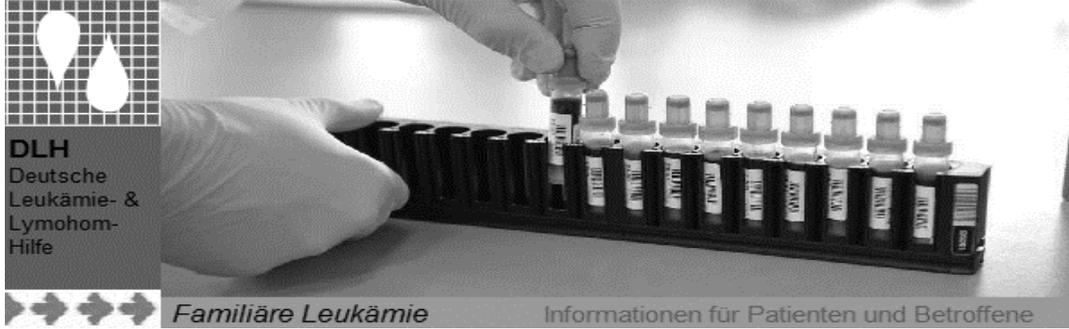
Klären Sie unbekannte Begriffe mithilfe des Schulbuchs.

Aufgabe 3

Vergleichen Sie mit einem Partner die beiden Therapieformen somatische Gentherapie und Keimbahntherapie. Stellen Sie unterschiedliche und gemeinsame Merkmale dar.

Merkmal	Somatische Gentherapie	Keimbahntherapie

Keimbahntherapie Broschüre



➔ Allgemeine Informationen

Die **akute myeloische Leukämie** (AML) sind bösartige Erkrankungen des blutbildenden Systems. Sie entstehen im Knochenmark, dem Ort der Blutbildung, und gehen im Allgemeinen mit einer Überproduktion unreifer weißer Blutzellen einher.

Blutarmut (Anämie) und Infektionen sind Folgen einer akuten Leukämie. Da die Leukämie vom Knochenmark aus das Blut, die lymphatischen Gewebe und alle anderen Organe befallen kann, breitet sie sich sehr schnell aus. Ohne eine Behandlung führen die damit einhergehenden Schädigungen der Körperorgane innerhalb weniger Tage bis Monate zum Tode.

➔ Ursachen

Die Ursachen für diese aggressive Form der Leukämieerkrankung sind häufig ungeklärt. Es ist aber bekannt, dass bei einigen Patienten eine Mutation im Erbgut, verantwortlich sein kann. Diese Genveränderung wird von den Eltern an 1 von 2 Kindern weitergegeben. Eine Genveränderung lässt sich bereits bei Neugeborenen feststellen. Träger einer solchen Mutation zu sein bedeutet aber nicht, dass eine Erkrankung zwangsläufig erfolgt. In diesen Fällen bilden 2 bis 5 von 10 Personen mit dieser genetischen Veränderung eine Leukämie aus.

Ebenso spielen Umweltfaktoren, wie Röntgenstrahlen, Medikamente, Zigaretten- und Alkoholkonsum eine entscheidende Rolle bei der Entstehung einer Leukämie.

➔ Vorsorge

Betroffenen Familien wird empfohlen, regelmäßige Untersuchungen des Blutbildes machen zu lassen. Je mehr Krankheitsfälle in der Familie aufgetreten sind, desto kürzer sind die Abstände zwischen den Untersuchungen. So kann die Leukämie frühzeitig erkannt und Heilungschancen verbessert werden. Es besteht allerdings das Risiko, dass die Erkrankung zwischen zwei Untersuchungen ausbricht und eine Diagnose zu spät gestellt wird. Da die

akute myeloische Leukämie einen sehr schnellen Verlauf nimmt, kann so evtl. eine Behandlung nicht mehr rechtzeitig erfolgen. Eine mögliche Behandlung der Leukämie wäre eine Chemotherapie. Diese Form der Therapie ist etabliert und bietet bei einer frühzeitigen Entdeckung der Krankheit eine hohe Heilungschance. Trotzdem gibt es mögliche Nebenwirkungen, wie z.B. Haarverlust, Übelkeit, Schädigung der Organe oder Unfruchtbarkeit bei Frauen. Bei einem Kinderwunsch betroffener Familien gibt es die Möglichkeit einer Keimbahntherapie.

➔ Keimbahntherapie

Mit Hilfe der sogenannten Genom-Editierung kann das mutierte Gen herausgeschnitten und durch ein gesundes Gen ersetzt werden.

Diese Methode kann an künstlich entstandenen Embryonen durchgeführt werden und ist dem Ablauf einer Präimplantationsdiagnostik ähnlich. Den Patienten werden Ei- und Spermazellen entnommen. Durch künstliche Befruchtung entsteht ein Embryo. Aus dem Genom der Zellen dieses Embryos wird die leukämierisikoerhöhende Mutation herausgeschnitten und ersetzt. Anschließend wird der Embryo untersucht und im Falle eines Erfolges der Genom-Editierung in die Mutter eingesetzt (siehe Abbildung).

Der so entstehende Nachkomme ist dann nicht mehr Träger einer solchen Mutation. Die Krankheit hat somit weder eine erhöhte Chance des Ausbruchs noch kann sie an folgende Generationen weitervererbt werden.

Der Erfolg einer Keimbahntherapie ist sehr hoch. Es kann allerdings auch zu fehlerhaften Schnitten im Genom kommen. Außerdem besteht eine Chance, dass der Embryo sich nicht in der Gebärmutter einnistet. Aufgrund der Neuheit der Methode sind mögliche Spätfolgen und Nebenwirkungen nicht abzusehen.

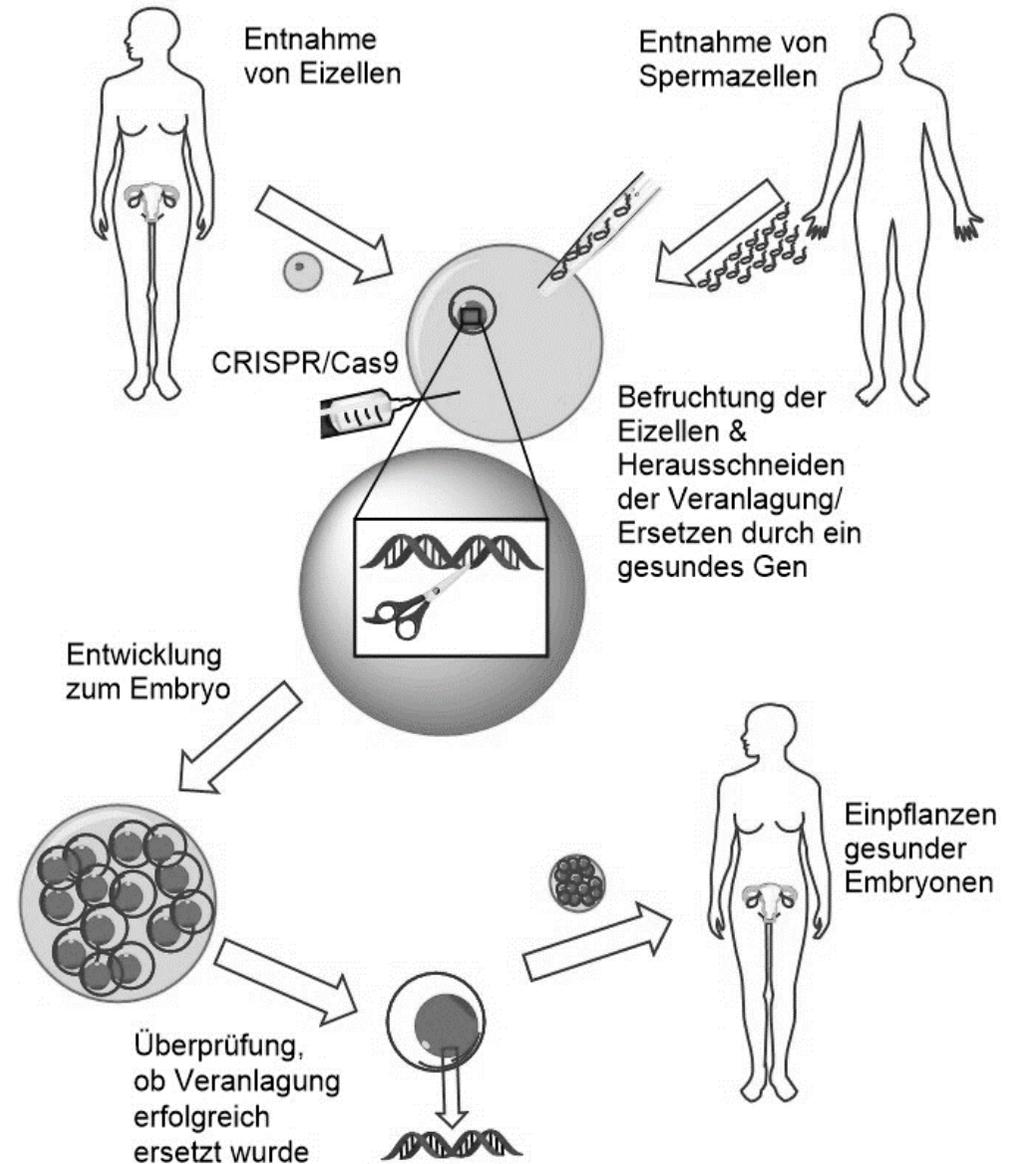


Abbildung: Schematischer Ablauf einer Genom-Editierung als Keimbahntherapie

Somatische Gentherapie Broschüre



➔ Allgemeine Informationen

Die **akute myeloische Leukämie (AML)** ist eine bösartige Erkrankung des blutbildenden Systems. Sie entsteht im Knochenmark, dem Ort der Blutbildung, und geht im Allgemeinen mit einer Überproduktion unreifer weißer Blutzellen einher.

Blutarmut (Anämie) und Infektionen sind Folgen einer akuten Leukämie. Da die Leukämie vom Knochenmark aus das Blut, die lymphatischen Gewebe und alle anderen Organe befallen kann, breitet sie sich sehr schnell aus. Ohne eine Behandlung führen die damit einhergehenden Schädigungen der Körperorgane innerhalb weniger Tage bis Monate zum Tod.

➔ Ursachen

Die Ursachen für diese aggressive Form der Leukämieerkrankung sind häufig ungeklärt. Es ist aber bekannt, dass bei einigen Patienten eine Mutation im Erbgut verantwortlich sein kann. Diese Genveränderung wird von den Eltern an 1 von 2 Kindern weitergegeben. Eine Genveränderung lässt sich bereits bei Neugeborenen feststellen. Träger einer solchen Mutation zu sein bedeutet aber nicht, dass eine Erkrankung zwangsläufig erfolgt. In diesen Fällen bilden 2 bis 5 von 10 Personen mit dieser genetischen Veränderung eine Leukämie aus.

Ebenso spielen Umweltfaktoren wie Röntgenstrahlen, Medikamente sowie Zigaretten- und Alkoholkonsum der Eltern eine entscheidende Rolle bei der Entstehung einer Leukämie.

➔ Vorsorge

Betroffenen Familien wird empfohlen, regelmäßige Untersuchungen des Blutbildes machen zu lassen. Je mehr Krankheitsfälle in der Familie aufgetreten sind, desto kürzer sind die Abstände zwischen den Untersuchungen. So kann die Leukämie frühzeitig erkannt und Heilungschancen verbessert werden. Es besteht allerdings das Risiko, dass die Erkrankung zwischen zwei Untersuchungen ausbricht und eine Diagnose zu spät

gestellt wird. Da die akute myeloische Leukämie einen sehr schnellen Verlauf nimmt, kann so eventuell eine Behandlung nicht mehr rechtzeitig erfolgen. Eine mögliche Behandlung der Leukämie wäre eine Chemotherapie. Diese Form der Therapie ist etabliert und bietet bei einer frühzeitigen Entdeckung der Krankheit eine hohe Heilungschance. Trotzdem gibt es mögliche Nebenwirkungen, wie z.B. Haarverlust, Übelkeit, Schädigung der Organe oder Unfruchtbarkeit bei Frauen.

➔ Somatische Gentherapie

Ein neues gentechnisches Verfahren verspricht eine Heilung der Patienten, bevor die Krankheit ausbrechen kann. Mit Hilfe der sogenannten Genom-Editierung kann das veränderte Gen in den Knochenmarkstammzellen der betroffenen Personen herausgeschnitten und durch ein gesundes Gen ersetzt werden.

Dazu werden dem Patienten Knochenmarkstammzellen entnommen, welche dann mit Hilfe der Genom-Editierung verändert werden (vgl. Abbildung Rückseite). Es folgt eine Vorbehandlung, um die vorhandenen, veränderten Zellen im Körper zu zerstören.

Die durch die genetische Schere editierten Zellen werden in den Körper zurückgegeben, wo sie sich im Knochenmark ansiedeln. Ein Ausbruch der Krankheit kann so verhindert werden. Da die genetische Veränderung lediglich bei den Blutstammzellen vorgenommen wird, und die Ei- bzw. Spermazellen der Patientin oder des Patienten nicht betroffen sind, kann die Mutation weiterhin an nachkommende Generationen weitergegeben werden. Der Erfolg einer somatischen Gentherapie ist sehr hoch. Es kann allerdings auch zu fehlerhaften Schnitten im Genom kommen. Außerdem besteht die Möglichkeit eine Abstoßung der editierten Zellen. Aufgrund der Neuheit der Methode sind mögliche Spätfolgen und Nebenwirkungen nicht abzusehen.

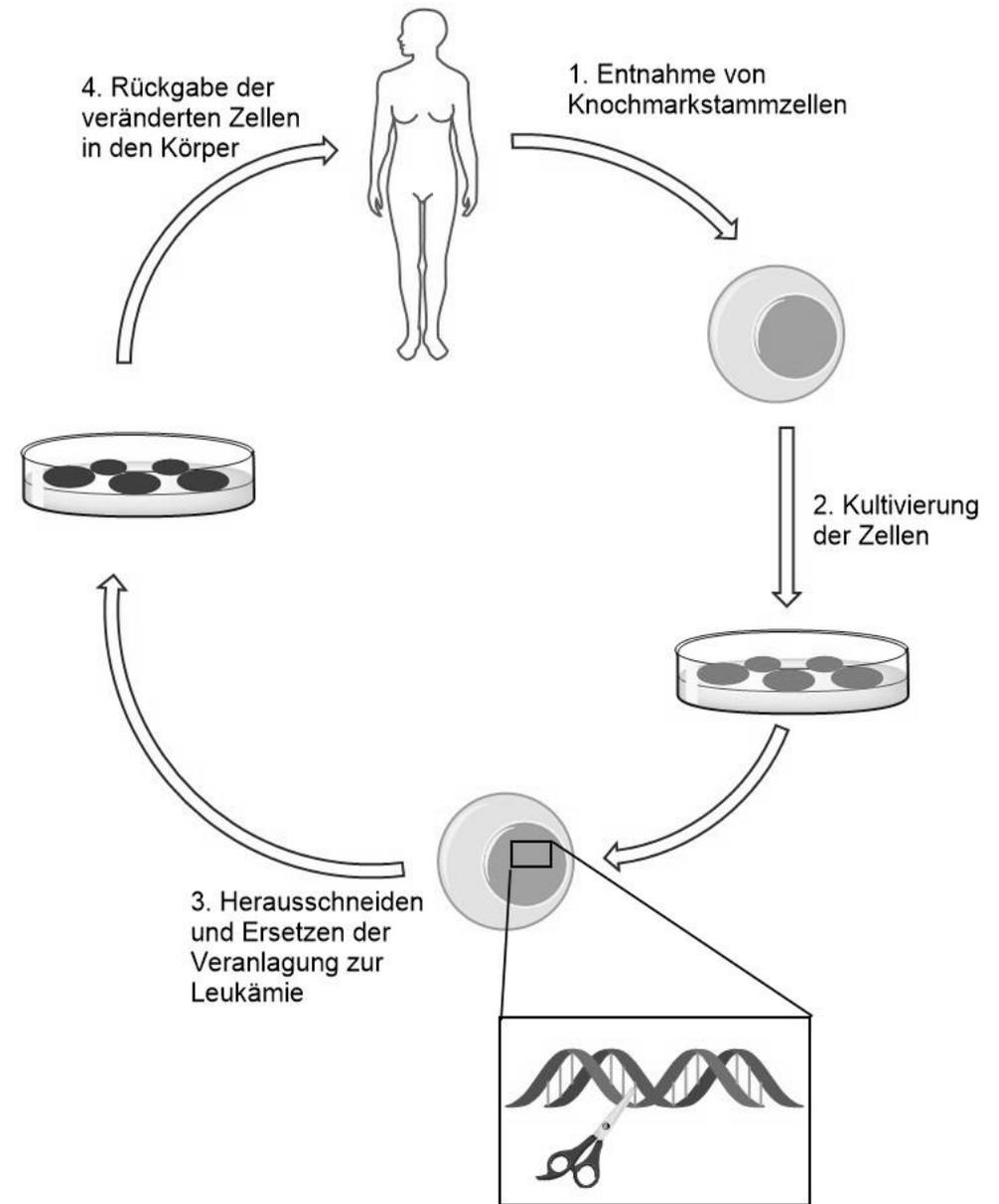


Abbildung: Schematischer Ablauf einer Genom-Editierung in somatischen Zellen

A.3 Unterrichtsmaterial zum ethischen Bewerten

Auf den folgenden Seiten werden die Unterrichtsmaterialien für die Intervention zur Förderung der Bewertungskompetenz abgebildet. Dabei werden sowohl verwendete Abbildungen als auch die Arbeitsblätter dargestellt. Den Abschluss bildet der Kurzentwurf für die Intervention.

Kurzentwurf der Intervention zum Bewerten

Sozialform	Beschreibung	Material
Plenum	Zeitungsartikel zur genetischen Veränderung von Embryonen; Schritt 1: Definition des Problems (Teilkompetenz <i>Wahrnehmung und Bewusstmachen der moralischen Relevanz</i>)	Zeitungsartikel, Arbeitsblatt 1
Plenum	Schritt 2: Handlungsoptionen benennen	Arbeitsblatt 1, Dokumentenkamera
Gruppenarbeit	Schritt 3: Sammeln von Argumenten mit der Placematmethode	Placematvorlagen
Plenum	Sicherung der Argumente	Tafel
Plenum	Definition von ethischen Werten; Schritt 4: zuordnen der Werte zu den gegebenen Argumenten (Teilkompetenzen <i>Beurteilen</i>)	Arbeitsblatt 2
Plenum	Erstellen von normativen und deskriptiven Aussagen aus den Argumenten; Übertragung in das vorstrukturierte Arbeitsblatt 1	Arbeitsblatt 1 & Arbeitsblatt 2
Einzelarbeit	Schritt 5 & 6: erstellen eines eigenen Urteils und der Reflexion dieses auf Folgen und Perspektiven (Teilkompetenzen <i>Urteilen</i>)	Arbeitsblatt 3
Partnerarbeit	Vergleich der Urteile und der antizipierten Folgen und Perspektiven (Teilkompetenzen <i>Urteilen</i>)	Arbeitsblatt 3
Plenum	Ableitung eines Merksatzes zum Fällen eines Urteils, sowie zum Perspektivenwechsel und zur Folgenreflexion (Teilkompetenzen <i>Urteilen, Perspektivenwechsel</i> und <i>Folgenreflexion</i>)	vorstrukturiertes Arbeitsblatt 1
Reserve	Schüler beschreiben die schrittweise durchgeführte Urteilsfällung	Arbeitsblatt 1

AB 1	Moralische Urteilsbildung	
------	---------------------------	--

WISSEN

US-Forscher verändern Erbgut von Embryonen

Von Norbert Lossau | Veröffentlicht am 28.07.2017 | Lesedauer: 4 Minuten

Neue Methode könnte Tausende Krankheiten heilen

0 Kommentare



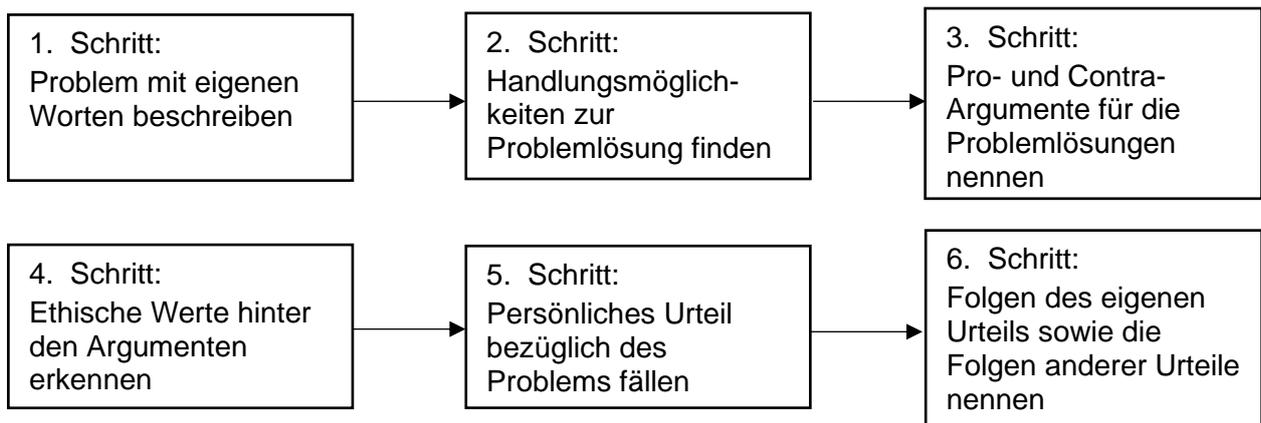
Menschliches Erbgut lässt sich gezielt verändern. Doch ist das ethisch akzeptabel? Bislang wurden

Anzeige

**WELT Edition –
die digitale Zeitung**

Quelle: https://www.welt.de/print/welt_kompakt/print_wissen/article167128842/US-Forscher-veraendern-Erbgut-von-Embryonen.html (aufgerufen am 07.08.2017)

Das folgende Schema kann helfen ein persönliches Urteil zu ethischen Problemsituationen zu fällen:



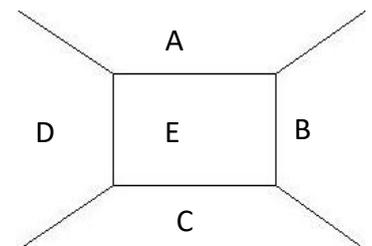
Aufgabe 1

Ergänzen Sie in dem beiliegenden Blatt „Urteilen mithilfe eines Sechsschrittes“ das Problem und die Handlungsoptionen, wie im Plenum besprochen.

Aufgabe 2

Arbeiten Sie zu viert in Gruppen zusammen. Teilen Sie sich die Buchstaben A-D zu.

a) Formulieren Sie jeder für sich, wenigstens ein Pro- und Contra-Argument zu jeder der Handlungsoptionen in den Feldern mit Ihrem Buchstaben (nebenstehende Abbildung).



b) Drehen Sie das Blatt im Uhrzeigersinn bis jeder die Antworten der Anderen kennt.

c) Diskutieren Sie und einigen Sie sich in der Gruppe auf jeweils ein Pro- und Contra-Argument für jede Handlungsoption und notieren diese in Feld E.

Urteilen mithilfe eines Sechsschritts

Problem: _____

Problemlösung:

Handlungsoptionen						
Pro-Argumente		Werte:		Werte:		Werte:
Contra-Argumente:						

AIXX

Legende: deskriptiv; normativ

Wie fälle ich ein Urteil? _____

AB 2	Moralische Urteilsbildung	
------	---------------------------	--

Ethische Werte zur Genom-Editierung

Definition: Werte

Orientierungspunkte, auf die das Leben bewusst oder unbewusst ausgerichtet wird, nennen sich Werte. Durch sie kann ausgedrückt werden, was einer Person wichtig ist oder woran sie ihr Herz hängt. Werte können eine Entscheidungsfindung erleichtern. Es können materielle Werte (z.B. Autos, Geld, Kleidung, ...) von ethischen Werten (z.B. Liebe, Freiheit, Gesundheit, ...) unterschieden werden.

Tabelle: Beispielhafter Wertepool mit unterschiedlichen Werten.

Gerechtigkeit	Fortschritt	Wohlstand	Freiheit
Sicherheit	Gesundheit	Wahlfreiheit	Freundschaft
Liebe	Umweltschutz	Leidverringern	Familie
Verantwortung	Glück	Ehrlichkeit	Fürsorge
Menschenwürde			

Aufgabe 1

Ordnen Sie den Argumenten im Tafelbild ethische Werte zu. Begründen Sie ihre Zuordnung.

Hinweis: Zu einem Argument können auch mehrere Werte gehören. Ergänzen Sie gegebenenfalls Werte in der obenstehenden Tabelle, falls dort Werte für Ihre Argumente fehlen.

Aufgabe 2

Schlüssige **Argumente** sollten immer aus einer normativen und einer deskriptiven Aussage bestehen

Normative Aussagen beschreiben, wie etwas sein sollte. Dabei beziehen sie sich auf ethische Werte.

Deskriptive Aussagen beschreiben, wie etwas ist. Solche Aussagen sind rein beschreibend und beziehen sich auf Fakten und keine Werte.

Entwickeln Sie jeweils eine passende normative und deskriptive Aussage aus den Argumenten im Tafelbild.

AB 3	Moralische Urteilsbildung	
------	---------------------------	--

Urteile haben Folgen

Jedes individuelle Urteil zieht bestimmte Folgen nach sich von denen unterschiedliche Personenkreise (Gesellschaft, Wissenschaft, Umwelt, Menschen) betroffen sein können. Bei den Folgen kann zwischen kurzfristigen, langfristigen, realistischen, eher unrealistischen und räumlichen unterschieden werden.

Aufgabe 1

Beurteilen Sie, ob Embryonen generell genetisch verändert werden dürfen. Beziehen Sie dabei ihnen wichtige Argumente und ethische Werte mit ein.

Aufgabe 2

Stellen Sie mögliche Folgen und Betroffene dar, welche aus ihrem Urteil resultieren können. Schätzen Sie dabei ab, welche Folgen langfristig, kurzfristig, realistisch oder eher unrealistisch erscheinen.

Folge	Betroffene	Abschätzung

A.4 Pseudonyme der Teilnehmenden

Nr.	Kürzel	Name, Alter	Gruppe
1	AC01	Lisa, 17	FBW
2	BS12	Lara, 17	FBW
3	CB12	Katrin, 17	FBW
4	IN11	Kerstin, 18	FBW
5	KT03	Karin, 16	FBW
6	RK10	Nicole, 17	FBW
7	SH11	Karolin, 17	FBW
8	SM11	Clarissa, 17	FBW
9	CJ07	Simone, 17	FBW
10	EO06	Svenja, 17	BW
11	HH12	Tiara, 17	BW
12	MJ06	Antje, 16	BW
13	PR05	Peter, 17	BW
14	SP04	Bianca, 16	BW
15	ST11	Rebecca, 16	BW
16	TM06	Klaus, 16	BW
17	TM08	Matthias, 17	BW
18	TT06	Jan, 17	BW
19	GT09	Dirk, 17	F
20	HU11	Joachim, 17	F
21	NU08	Marion, 17	F
22	OA12	Paul, 17	F
23	PA08	Nils, 17	F
24	SJ08	Kevin, 17	F
25	SM08	Petra, 16	F
26	TM12	Max, 17	F
27	UG05	Lena, 16	F
28	CB09	Moritz, 17	K
29	ES02	Niklas, 16	K
30	GR13	Julian, 16	K

A Anhang

31	HO02	Theresa, 17	K
32	SD07	Michael, 17	K

A.5 Zusammenfassung/Summary

Ethische Bewertungskompetenz von Jugendlichen zu den Möglichkeiten der Genom-Editierung

Ziel der Untersuchung

Mit Hilfe der Genom-Editierung rücken Eingriffe in die menschliche Keimbahn in greifbare Nähe (JINEK et al., 2012; NORMILLE, 2019). In Bezug auf eine Heilung schwerer Krankheiten wie Krebs oder andere Erbkrankheiten wecken die Methoden der Genom-Editierung große Hoffnungen. Gleichzeitig eröffnet sich eine ethische Debatte zur Frage, ob in die menschliche Keimbahn eingegriffen werden darf (DEUTSCHER ETHIKRAT, 2019; NORMILLE, 2019).

Durch die Festlegung der Bildungsstandards sind solche bioethischen Themen ein fester Bestandteil des Biologieunterrichts (KULTUSMINISTERKONFERENZ, 2004). Ergebnisse verschiedener biodidaktischer Studien belegen, dass die Bewertungskompetenz im Biologieunterricht wenig Beachtung findet (REITSCHERT, 2009; MITTELSTEN-SCHIED, 2008; ALFS et al. 2011; ALFS 2012). Aus diesem Grund ist es Ziel der vorliegenden Studie die Entwicklung der ethischen Bewertungskompetenz von Jugendlichen zum Kontext der Genom-Editierung zu erheben. Die Ergebnisse der Studie dienen der Erstellung von Handlungsempfehlungen für den Biologieunterricht zur Integration der Genom-Editierung und der Schulung der Bewertungskompetenz.

Theoretischer Hintergrund

Neue molekularbiologische Methoden, wie die im Jahr 2012 entdeckte Endonuklease CRISPR/Cas9, ermöglichen zielgerichtete und präzise Eingriffe in das Genom (JINEK et al., 2012). Obwohl Spätfolgen und Nebenwirkungen eines Einsatzes von CRISPR/Cas9 noch gänzlich unbekannt sind, wurden im November 2018 genmanipulierte Zwillinge geboren. Der dafür verantwortliche Wissenschaftler wurde für sein Vorgehen stark kritisiert (NORMILLE, 2019). Denn ein Eingriff in die Keimbahn des Menschen betrifft nicht nur ein Individuum, sondern kann generationenübergreifende Folgen haben (LEDFOURD, 2015). Darüber hinaus werden zentrale ethische Werte wie die Menschenwürde oder der Lebens- und Integritätsschutz berührt.

Die ethische Bewertungskompetenz befähigt die Schülerinnen und Schüler dazu, eine bewusste, reflektierte, kritisch hinterfragte und argumentativ fundierte Urteilsbildung zu modernen Fortschritten in der Forschung wie der Genom-Editierung zu fällen (KMK, 2004; ALFS ET AL., 2011). Ein bereits evaluiertes Kompetenzstrukturmodell weist acht Teilkompetenzen der Bewertungskompetenz auf (REITSCHERT ET AL., 2007). Gleichzeitig lassen sich für jede Teilkompetenz Niveaustufen konkretisieren, die eine Beurteilung der ethischen Bewertungskompetenz ermöglichen (MITTELSTEN-SCHIED, 2007).

Untersuchungsdesign und Methodik

Anhand einer authentischen Entscheidungssituation wird die Fragestellung, wie sich die Teilkompetenzen der ethischen Bewertungskompetenz von Jugendlichen entwickeln, nachdem sie Interventionen zum Thema der Genom-Editierung erhalten haben, überprüft. Dabei fokussiert sich die vorliegende Studie auf die drei Teilkompetenzen Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz, Beurteilen und Urteilen.

Insgesamt sind 32 Jugendliche im Alter von 16-18 Jahren befragt und unterrichtet wor-

Tabelle 1: Arbeitsabläufe in den Versuchsgruppen.

Gruppe	Gruppe Fachwissen und Bewertung	Gruppe Bewertung	Gruppe Fachwissen	Kontrollgruppe
Prä-Test	+	+	+	+
Intervention zum Fachwissen	+	-	+	-
Intervention zum Bewerten	+	+	-	-
Post-Test	+	+	+	+

den. Zur Erhebung der Teilkompetenzen ist ein Testinstrument entwickelt worden, das mittels offener Fragen einen möglichst uneingeschränkten Einblick in die Bewertung der Jugendlichen ermöglicht (KALLUS, 2012). Anschließend erhalten die Jugendlichen Interventionen, bevor sie den Fragebogen erneut ausfüllen (vgl. Tab. 1). Im Zuge der Interventionen wird Fachwissen zur Genom-Editierung vermittelt und eine Förderung der ethischen Bewertungskompetenz zum Kontext der Genom-Editierung realisiert. Die Förderung der ethischen Bewertungskompetenz erfolgt mittels der Sechs-Schritt-Methode von HÖSSLE (2001). Insgesamt bilden sich vier unterschiedliche Versuchsgruppen. Die Auswertung der Fragebögen wird durch die qualitative Inhaltsanalyse nach MAYRING (2015) realisiert.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Schülerinnen und Schüler der Gruppen, die eine Intervention zur Förderung der Bewertungskompetenz erhalten haben, entwickeln sich in der vorliegenden Studie teilweise in den Teilkompetenzen Wahrnehmen und Bewusstmachen der moralischen Relevanz, Beurteilen und Urteilen weiter. Obwohl sich sprachliche und inhaltliche Entwicklungen bei den Schülerinnen und Schülern feststellen lassen, könnten die Kompetenzentwicklungen der Schülerinnen und Schüler deutlicher sein. So konnten sich nicht alle Schülerinnen und Schüler der Gruppen weiterentwickeln. Trotzdem können die Verbesserungen der Jugendlichen teilweise auf die Intervention zur Förderung der ethischen Bewertungskompetenz zurückgeführt werden. Die Intervention zur Förderung des Fachwissens hat auf die dargestellten Teilkompetenzen keine Auswirkungen.

Auf Grundlage der Ergebnisse lassen sich Handlungsempfehlungen für den Biologieunterricht erstellen:

1. Der Sechs-Schritt zur moralischen Urteilsbildung ermöglicht eine Förderung der ethischen Bewertungskompetenz. Zur Umsetzung im Unterricht kann ein vorstrukturiertes Arbeitsblatt die Orientierung während des Unterrichts erleichtern.
2. Für die Förderung der Wahrnehmung der moralischen Relevanz ist eine Diskussion und Definition des moralischen Problems förderlich. Dafür bietet es sich an, ethische Grundbegriffe zu klären, um sprachliche Barrieren abzubauen.
3. Ein Wertepool mit Beispielwerten vereinfacht den Schülern die Benennung von relevanten ethischen Werten. Außerdem fällt den Schülern eine Begründung dieser leichter, wenn sie Argumente nach dem praktischen Syllogismus gebildet haben. Ebenfalls gewinnbringend kann eine Definition von einzelnen Werten sein.
4. Durch das Aufstellen von Argumenten zu unterschiedlichen Handlungsoptionen fällt es Jugendlichen leichter, Gegenargumente in ihre Urteile einzubringen. Darüber hinaus fördert eine Analyse der Urteile auf einer Metaebene die Teilkompetenz *Urteilen*.
5. Die in der Studie eingesetzten Unterrichtsmaterialien können für verschiedene Kontexte adaptiert werden und bieten somit eine Grundlage für die Integration weiterer bioethischer Themen.
6. Zur Vertiefung der Proteinbiosynthese kann die Genom-Editierung in den Biologieunterricht ergänzt werden. Darüber hinaus kann die Funktion von Enzymen anhand der Endonuklease CRISPR/Cas9 veranschaulicht werden.

Zusammengefasst sehen die Schülerinnen und Schüler dieser Studie die Veränderung der DNA des Ungeborenen als größtes Problem der keimbahnverändernden Genom-Editierung an. Besonders die fehlende Zustimmung des Embryos zu diesem Eingriff wird von vielen Jugendlichen als problematisch diskutiert. Trotz des Risikos der unvorhersehbaren Nebenwirkungen der Genom-Editierung sehen viele Schülerinnen und Schüler die Chance eines gesunden, leidfreien Lebens. Weitere ethische Werte, die laut den Jugendlichen berührt werden, sind die Gerechtigkeit, die Natürlichkeit, das Recht auf körperliche Unversehrtheit und die Sicherheit. Über die Hälfte der Schülerinnen und Schüler entscheidet sich gegen den Einsatz einer keimbahnverändernden Genom-Editierung. Keiner der Jugendlichen ist ohne Einschränkungen für einen Einsatz einer solchen Genom-Editierung. Vielmehr fordern die Jugendlichen eine Regulierung des Einsatzes, um eine Optimierung des Menschen zu verhindern.

Der Kontext der Genom-Editierung ermöglicht somit eine vielschichtige ethische Diskussion und kann im Biologieunterricht gewinnbringend zur Förderung der ethischen Bewertungskompetenz eingesetzt werden.

Ethical decision making competence of adolescents on the possibilities of genome editing.

Aim of the study

With the help of genome editing, interventions in the human germline are coming within reach (JINEK et al., 2012; NORMILLE, 2019). In terms of curing serious diseases such as cancer or other hereditary diseases, genome editing methods raise high hopes. At the same time, an ethical debate is opening up on the question of whether it is permissible to intervene in the human germ line (GERMAN ETHICS COUNCIL, 2019; NORMILLE, 2019). By setting educational standards, such bioethical topics are an integral part of biology lessons (Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs, 2004). Results of various bio didactic studies show that ethical decision-making skills receive little attention in biology classes (REITSCHERT, 2009; MITTELSTEN-SCHEID, 2008; ALFS et al. 2011; ALFS 2012). For this reason, the objective of the present study is to survey the development of ethical decision-making competence on the context of genome editing of adolescents. The results of the study will be used to create guidelines for biology education on the integration of genome editing and decision-making competence training.

Theoretical background

New molecular biology methods, such as the in 2012 discovered endonuclease CRISPR/-Cas9, allow targeted and precise interventions into the genome (JINEK et al., 2012). Although long term and side effects of using CRISPR/Cas9 are still mostly unknown, gene-edited twins were born in November 2018. The responsible scientist was strongly criticized for his actions (NORMILLE, 2019). An intervention in the human germ line does not only affect one individual but can have intergenerational consequences (LEDFORD, 2015). Furthermore, ethical values such as human dignity or the protection of life and integrity are affected.

Through ethical decision-making competence, students should be enabled to make conscious, reflective and critically questioned judgements about modern advances in research such as genome editing (STANDING CONFERENCE OF THE MINISTERS OF EDUCATION AND CULTURAL AFFAIRS, 2004; ALFS et al., 2011). A previously evaluated competence structure model contains eight sub-competencies of decision-making competence (REITSCHERT et al., 2007). For each sub-competence, levels can be specified, which enable a report of ethical decision-making competence (MITTELSTEN-SCHEID, 2007). The present work focuses on three sub-competencies: *Perception and Awareness of Moral Relevance*, *Assessment* and *Judgement*.

Research design and methodology

Using an authentic decision-making situation, the following research question is examined: *How do the sub-competencies of ethical decision-making competence of adolescents develop after received interventions on the topic of genome editing?* The present study focuses on the three beforementioned sub-competencies.

A total of 32 adolescents aged 16-18 years participated in the survey. The decision-

Table 1: Workflows of the different experimental groups.

Group	Group factual knowledge and decision-making	Group decision-making	Group factual knowledge	Control group
Pre-Test	+	+	+	+
Intervention factual knowledge	+	-	+	-
Intervention decision-making	+	+	-	-
Post-Test	+	+	+	+

making competence was carried out with a paper pencil test. Open-ended questions provide the most unrestricted insight into the decision-making of adolescents (Kallus, 2012). Adolescents receive interventions before completing the questionnaire a second time (cf. tab. 1). The interventions contain factual knowledge and moral judgement on the context of genome editing. The promotion of ethical decision-making competence is realized by the six-step method of HÖSSLE (2001). Regarding a 2x2-factorial design four different experimental groups are formed.

The analysis of the questionnaires is realized by the qualitative content analysis according to MAYRING (2015).

Findings

In the present study, students in the groups that received an intervention to promote decision-making competence could partially improve in the sub-competencies of *Perception and Awareness of Moral Relevance, Assessment and Judgement*. In addition to competency developments, improvements in terms of linguistic and content can be identified. However, not all students in the groups were able to develop further.

Nevertheless, the improvements of the adolescents can be attributed to the intervention to promote ethical decision-making competence. The intervention to promote factual knowledge has no effect on the presented sub-competencies.

Based on the results, guidelines for teaching biology are developed:

1. The six-step for moral judgment (Hößle, 2001) enables the promotion of ethical decision-making competence. For implementation in class, a pre-structured worksheet can facilitate orientation during class.
2. To promote the perception of moral relevance, a discussion and definition of the moral problem is beneficial. It is useful to clarify basic ethical terms in order to

break down linguistic barriers.

3. A pool of values with example values simplifies the naming of relevant ethical values for the students. In addition, students will find it easier to justify them if they have formed arguments according to the practical syllogism. A definition of different values can be profitable.
4. By establishing arguments for different courses of action, young people find it easier to introduce counter-arguments into their judgments. A qualitative analysis of judgments promotes the sub-competence of *Judgement*.
5. The teaching materials used in the study can be adapted for different contexts and thus provide a basis for the integration of further bioethical topics.
6. Genome editing can be used to deepen protein biosynthesis knowledge in biology classes. The function of enzymes can be illustrated by using the CRISPR/Cas9 endonuclease.

In summary, the students in this study consider the alteration of the DNA of the unborn as the biggest problem of germline genome editing. Many adolescents discuss the embryo's lack of consent to this intervention. Despite the risk of the unpredictable side effects of genome editing, many students see the opportunity for a healthy, suffering-free life. Other relevant ethical values are justice, naturalness, the right to physical integrity and safety. More than half of the students decide against the use of germline genome editing. None of the adolescents are in favor of the use of unrestricted genome editing. The adolescents call for regulation of its use to prevent human optimization. The context of genome editing enables a multi-layered ethical discussion and can be profitably used in biology classes to promote ethical decision-making competence.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich diese Dissertation selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Außerdem versichere ich, dass ich die allgemeinen Prinzipien wissenschaftlicher Arbeit und Veröffentlichung, wie sie in den Leitlinien guter wissenschaftlicher Praxis der Carl von Ossietzky Universität in Oldenburg festgelegt sind, befolgt habe.

Wildeshausen, den 24.01.2022

Unterschrift: _____